

**АО «Научно-производственное предприятие «ТОПАЗ»»**

На правах рукописи



**Хлопов Роман Сергеевич**

**МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ  
В ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ НУТРИЦИОЛОГА**

Специальность 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения

Диссертация  
на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

**Научный руководитель:**  
доктор технических наук, профессор  
Богомолов А.В.

Москва – 2023

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА СБОРА И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА НУТРИЦИОЛОГА И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	15
1.1 Анализ специфики профессиональной деятельности нутрициолога.....	15
1.2 Анализ трендов медицинской информатики и цифровой нутрициологии.....	20
1.3 Обоснование базовых требований к сбору и обработке информации для информационной системы нутрициолога.....	28
1.4 Облик информационной системы нутрициолога.....	33
1.5 Особенности проектирования баз данных для информационной системы нутрициолога.....	38
1.6 Особенности синтеза алгоритмов обработки информации для информационной системы нутрициолога.....	43
Выводы по главе 1.....	47
ГЛАВА 2 СТРУКТУРНЫЙ СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НУТРИЦИОЛОГА.....	48
2.1 Выбор подхода (метода) к концептуальному проектированию баз данных информационной системы нутрициолога.....	48
2.2 Обоснование методологического подхода к построению функциональной модели организации деятельности нутрициолога.....	51
2.3 Выбор инструментария для поддержки метода структурного анализа и проектирования функциональной модели организации деятельности нутрициолога.....	58

2.4	Определение системных требований, предъявляемых к создаваемой функциональной модели сбора и обработки информации для информационной системы нутрициолога.....	63
2.5	Моделирование технологии поддержки принятия решений нутрициологом.....	67
2.6	Анализ предметной области, подлежащей автоматизации.....	72
	Выводы по главе 2.....	77
	<b>ГЛАВА 3 АЛГОРИТМЫ КВАЛИМЕТРИИ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫХ И ГРУППОВЫХ РАЦИОНОВ ПИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА.....</b>	<b>79</b>
3.1	Особенности оценивания антропометрических данных, процентного содержания жировой ткани, индекса массы тела, типа телосложения, типа распределения жировой ткани, рекомендуемого веса в диапазоне.....	79
3.2	Алгоритм конструирования анкет по методу 24-часового воспроизведения питания и по методу анализа частоты потребления пищи в информационной среде.....	84
3.3	Алгоритм определения и визуализации химического состава и энергетической ценности фактического рациона питания и меню.....	89
3.4	Алгоритм формирования исключений пищевых продуктов и блюд в базе данных с учетом имеющихся алиментарно-зависимых заболеваний, пищевых предпочтений с учетом гликемических индексов пищевых продуктов и содержания в них критически значимых пищевых веществ.....	93
3.5	Алгоритм расчета вариантов групповых и индивидуальных рационов питания.....	98
3.6	Алгоритм корректировки и выбора рассчитанных рационов питания и меню на заданный горизонт планирования.....	105
	Выводы по главе 3.....	110
	<b>ГЛАВА 4 РЕАЛИЗАЦИЯ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДЛОЖЕННЫХ РЕШЕНИЙ.....</b>	<b>113</b>

4.1	Общая технология применения разработанных решений в деятельности нутрициолога.....	113
4.2	Архитектура информационной системы нутрициолога.....	136
4.3	Программное обеспечение информационной системы нутрициолога.....	142
4.4	Особенности обеспечения защиты и сохранности информации в информационной системе нутрициолога.....	148
4.5	Организация испытаний информационной системы нутрициолога и оценка эффективности их проведения.....	155
	Выводы по главе 4.....	164
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	167
	СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	171
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	173
	ПРИЛОЖЕНИЕ.....	193

## ВВЕДЕНИЕ

Согласно Постановлению Президиума Российской академии наук от 27.11.2018 г. № 178 «Об актуальных проблемах оптимизации питания населения России: роль науки», одной из ключевых задач современных фундаментальных и поисковых научных исследований является обоснование принципов оптимального питания человека и повышение приоритета профилактики неинфекционных заболеваний. Это связано с тем, что на протяжении последних лет отмечается тенденция к распространению заболеваний, риски возникновения которых напрямую связаны с нарушениями питания [66, 98,148]. Это приводит к увеличению прямых и косвенных затрат на здравоохранение, обуславливает увеличение потребности в дорогостоящей высокотехнологической медицинской помощи и требует снижения рисков заболеваемости социально значимыми неинфекционными болезнями [35, 56, 123].

Для решения этих задач реализуются национальные проекты «Демография» и «Здравоохранение», достижение целей которых требует разработки технологий, приборов, систем и изделий для формирования персонализированных рационов питания с учетом индивидуальных особенностей здоровья пациентов, взаимодействия питательных веществ и их влияния на организм человека, что является сферой исследования нутрициологии.

Ключевыми аспектами профессиональной деятельности нутрициолога являются сбор и обработка объективных и субъективных данных об анамнезе пациента с их последующей увязкой с массивами данных по продуктам и рационам питания. Это требует разработки и реализации специальных ИС сбора и обработки данных для комплексного учета состояния здоровья пациента, пищевой ценности, совместимости и усвояемости продуктов питания, специфики механизмов клеточного питания, вкусовых особенностей пациента и других факторов при диагностировании, консультировании и сопровождении пациентов нутрициологом.

ИС представляет собой комплекс средств вычислительной техники и ПО, располагающийся непосредственно на рабочем месте специалиста и предназначенный для автоматизации его профессиональной деятельности. Специфика ИС нутрициолога определяется:

- сложностью обработки информации, обусловленной преимущественно вероятностным разбросом характеристик и свойств компонентов продуктов питания, физиологических особенностей организма, которые определяют специфический выбор и коррекцию моделей рационов и продуктов питания с учетом структурных соотношений и ограничений на компонентном, элементном и моноструктурном уровнях;

- необходимостью формирования списка компонентов меню с учетом разрешений для определенного плана питания, индивидуальных предпочтений пациента, наличия заболеваний, аллергий; формирования таких компонентов меню, при поступлении которых в организм пациента обеспечивается профилактическое воздействие при определенной группе нарушений здоровья.

Анализ наиболее распространенных ИС, применяемых для анализа фактического питания и формирования персонализированных рекомендаций по оптимизации пищевого статуса пациента показал, что сегодня не существует ПО, которое в полной мере бы отвечало требованиям российских специалистов в области гигиены питания.

ИС зарубежного производства при всей их известности и широком спектре функциональных возможностей имеют в условиях нашей страны существенные недостатки, в том числе отсутствие русскоязычного интерфейса, сведений о российских продуктах питания, ограничения по поддержке пользователей и актуализации версий ПО.

ИС отечественного производства имеют существенные недостатки: опросные методики учитывают лишь средние значения показателей, что не обеспечивает формирование персонализированных рекомендаций; недостаточно полный учет цифровизации медицины и ее ориентации на персонализацию (индивидуальный подход к пациенту), предикцию (выявление рисков развития

заболеваний), превентивность (предотвращение возникновения и развития заболеваний) и партисипативность (мотивированное участие пациента в минимизации рисков здоровью).

Таким образом, имеется **противоречие** между потребностью практики в наличии ИС для обеспечения поддержки принятия решений нутрициологом и отсутствием таких ИС, в полной мере отвечающим потребностям деятельности нутрициолога, специфике отечественного здравоохранения и трендам цифровой медицины. Устранение выявленного противоречия требует разработки специальных моделей и алгоритмов сбора и обработки данных в ИС нутрициолога.

**Степень разработанности темы исследования.** Вопросами проектирования ИС медицинского назначения занимались и внесли значительный вклад многие отечественные и зарубежные ученые, в том числе: И. П. Бобровницкий, А. В. Богомолов, О. Н. Бодин, М. Б. Гавриков, С. А. Гаспарян, И. В. Гмошинский, Д. В. Гращенков, В. В. Грибова, Л. Г. Елисеева, В. И. Жулев, Т. В. Зарубина, А. О. Камбаров, Б. А. Кобринский, Н. А. Корневский, Е. Н. Коровин, В. Н. Крутько, Ю. А. Кукушкин, Г. С. Лебедев, А. Б. Лисицын, Г. И. Назаренко, М. А. Никитина, Д. Б. Никитюк, Ю. Н. Орлов, Г. С. Осипов, Д. В. Пащенко, Н. М. Портнов, А. Н. Разумов, С. В. Селищев, С. П. Серегин, В. И. Стародубов, В. П. Столяр, Р. А. Томакова, В. А. Тутельян, И. М. Чернуха, И. Б. Ушаков, С. А. Филист, J. H. Vemmel, J. J. Cimino, A. I. Maistrou, H. Nadri, B. Rahimi, S. Sedghi, E. H. Shortliffe, T. Timpka, C. Velasco и другие.

В проведенных исследованиях обеспечен научно-технический задел проектирования ИС медицинского назначения, учитывающий потребности и специфику профессиональной деятельности медицинских работников различных профилей и специализаций. Однако отечественный научно-технический задел в части разработки ИС решения задач гигиены питания в части функциональных возможностей и номенклатуры таких систем существенно уступает зарубежному, при том, что уровень проработки медико-биологических аспектов гигиены питания отечественными учеными соответствует мировому уровню.

Поэтому устранение отмеченного противоречия имеет важное значение для развития отечественного научно-технологического задела ИС медицинского назначения.

**Связь работы с научными программами.** Актуальность исследования подтверждается его соответствием Указу Президента РФ от 07.07.2011 г. № 899 «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в РФ и перечня критических технологий РФ» в части направления «Информационно-телекоммуникационные системы» и технологий «Нано-, био-, информационные, когнитивные технологии», приоритету «Переход к персонализированной медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям здоровьесбережения, в том числе за счет рационального применения лекарственных препаратов (прежде всего, антибактериальных)» Стратегии научно-технологического развития РФ, а также выполнением исследований в рамках грантов Президента РФ по государственной поддержке ведущих научных школ РФ НШ-122.2022.1.6 «Методы, алгоритмы и технические средства цифровой адаптационной медицины» и НШ-2553.2020.8 «Методы, алгоритмы и технические средства мониторинга состояния операторов эргатических систем».

**Целью** работы является повышение эффективности формирования и контроля реализации рекомендаций нутрициолога за счет разработки и реализации моделей и алгоритмов сбора и обработки данных.

Для достижения поставленной цели в работе решены следующие **задачи**:

1. Обоснование требований к сбору и обработке данных в ИС нутрициолога.
2. Разработка функциональной модели организации деятельности нутрициолога.
3. Разработка информационно-логической модели сбора и обработки данных для ИС нутрициолога.
4. Синтез алгоритмов сбора и обработки данных в ИС нутрициолога.
5. Разработка архитектуры ИС нутрициолога.
6. Апробация разработанных моделей и алгоритмов в процессе профессиональной деятельности нутрициолога.



**Объект диссертационного исследования** – ИС медицинского назначения, применяемые для решения задач гигиены питания.

**Предметом исследования** являются модели и алгоритмы сбора и обработки данных в ИС нутрициолога.

**Научная новизна результатов.** В результате исследования получены следующие основные результаты, обладающие научной новизной:

1. Модели сбора и обработки данных в ИС нутрициолога, включающие функциональную модель организации деятельности нутрициолога и информационно-логическую модель сбора и обработки данных для ИС нутрициолога, впервые обеспечивающие возможность проектирования ИС медицинского назначения с применением гипервизорной и контейнерной технологий виртуализации, технологий РР и автоматизации развертывания и управления приложениями.

2. Алгоритмы сбора и обработки данных в ИС нутрициолога, включающие: алгоритм формирования исключений пищевых продуктов и блюд в базе данных с учетом имеющихся алиментарно-зависимых заболеваний, пищевых предпочтений, гликемических индексов пищевых продуктов, величины содержания в них критически значимых пищевых веществ; алгоритм оценивания антропометрических данных, процентного содержания жировой ткани, индекса массы тела, типа телосложения, типа распределения жировой ткани нутрициологом; алгоритм конструирования анкет по методу 24-часового воспроизведения питания и их обработки; алгоритм определения и визуализации химического состава и энергетической ценности фактического рациона питания и меню; алгоритм формирования анкет по методу анализа частоты потребления и их обработки; алгоритм расчета вариантов групповых и индивидуальных меню из перечня продуктов по заданным параметрам и из рационов; алгоритм корректировки и выбора рассчитанных рационов питания и меню на заданный горизонт планирования – отличающиеся комплексным учетом индивидуальных особенностей здоровья пациентов, химического состава и ЭЦ фактического рациона питания и меню, исключений пищевых продуктов и блюд.

**Достоверность научных положений, теоретических выводов и практических результатов** диссертационной работы подтверждается тем, что идея исследования базируется на анализе потребностей практики и обобщении передового опыта разработки ИС медицинского назначения, а также корректным использованием аппарата медицинской информатики, структурного системного анализа, программной инженерии; соответствием полученных результатов результатам предшествующих исследований; публикациями в профильных научных рецензируемых изданиях.

**Теоретическая значимость работы** заключается в развитии методологии решения прикладных задач гигиены питания, требующих применения технологий автоматизированного сбора и обработки информации в интересах персонификации составления, коррекции и мониторинга реализации рационов питания с учетом специфики отечественной нутрициологии.

**Практическая значимость работы** подтверждается эффективной реализацией разработанных моделей и алгоритмов обработки данных в макете ИС нутрициолога, опытная эксплуатация которого показала повышение эффективности формирования рекомендаций пациентам на 9-17% с повышением эффективности контроля реализации рекомендаций нутрициолога на 25-35%.

**Реализация результатов работы.** Научно-методические результаты, полученные автором, используются в практической деятельности и в образовательных процессах ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М.Кирова» Минобороны России, ФГБУН «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук», ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», ФГБУ «Государственный научный центр РФ – Федеральный медицинский биофизический центр им. А. И. Бурназяна» ФМБА России, ГБУЗ «Московская городская поликлиника №11» ДЗГМ.

**Содержание диссертации соответствует паспорту научной специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения, а именно:**

п. 2. «Приборы, системы и аппаратно-программные комплексы для оценки текущего состояния, скринингового обследования, мониторинга, прогнозирования и диагностики состояния здоровья человека» в части разработки алгоритмов учета результатов скринингового обследования и состояния здоровья человека в ИС нутрициолога;

п. 10. «Технические средства и системы, обеспечивающие повышение точности медицинской диагностики, воспроизводимости и сопоставимости результатов биомедицинских исследований» в части разработки облика ИС нутрициолога, обеспечивающей воспроизводимость и сопоставимость результатов биомедицинских исследований по формированию персонифицированных рекомендаций по рациону питания представителей различных социо-профессиональных групп населения;

п. 14. «Методы, модели и алгоритмы, включая распознавание образов, для медицинских информационных и интеллектуальных систем, обеспечивающих повышение эффективности медико-биологических исследований и врачебных решений» в части новых алгоритмов квалиметрии персонализированных и групповых рационов питания человека, обеспечивающих повышение эффективности решений, принимаемых нутрициологом;

п. 20. «Системы поддержки принятия врачебных решений и медико-технологических процессов, экспертные, информационные и управляющие системы медицинского назначения, обеспечивающие повышение качества медицинского обслуживания населения» в части разработки моделей и алгоритмов сбора и обработки данных в ИС нутрициолога, обеспечивающих повышение качества медицинского обслуживания населения в части формирования и мониторинга реализации персонифицированных рекомендаций в части рационов питания.

**Методология и методы исследования.** Теоретические исследования проведены с применением методов медицинской информатики, структурного системного анализа, программной инженерии.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Модели сбора и обработки данных в ИС нутрициолога, включающие функциональную модель организации деятельности нутрициолога и информационно-логическую модель сбора и обработки данных для ИС нутрициолога, обеспечивают корректный учет причинно-следственных отношений между ситуациями и событиями и корректное описание множества взаимосвязанных действий и функций нутрициолога при проведении консультаций и разработке рекомендаций пациентам.

2. Алгоритмы сбора и обработки данных в ИС нутрициолога, включающие: алгоритм формирования исключений пищевых продуктов и блюд в базе данных с учетом имеющихся алиментарно-зависимых заболеваний, пищевых предпочтений, гликемических индексов пищевых продуктов, величины содержания в них критически значимых пищевых веществ; алгоритм оценивания антропометрических данных, процентного содержания жировой ткани, индекса массы тела, типа телосложения, типа распределения жировой ткани нутрициологом; алгоритм конструирования анкет по методу 24-часового воспроизведения питания и их обработки; алгоритм определения и визуализации химического состава и энергетической ценности фактического рациона питания и меню; алгоритм формирования анкет по методу анализа частоты потребления и их обработки; алгоритм расчета вариантов групповых и индивидуальных меню из перечня продуктов по заданным параметрам и из рационов; алгоритм корректировки и выбора рассчитанных рационов питания и меню на заданный горизонт планирования; – обеспечивают реализацию персонализации, предикции и превентивности деятельности нутрициолога.

3. ИС нутрициолога, реализующая разработанные модели сбора и обработки данных, соответствует стандартам распределенного цифрового сбора и распределенной цифровой обработки конфиденциальных данных и обеспечивает повышение эффективности формирования рекомендаций пациентам на 9-17% и повышение эффективности контроля реализации рекомендаций пациентам на 25-35%.

**Апробация результатов работы.** Основные результаты и научные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на 8 всероссийских и международных научных симпозиумах и конференциях: 12-th Computer Science On-line Conference (Praha, 2022), 6-th Computational Methods in Systems and Software (Praha, 2022), XXXV Международная научная конференция «Математические методы в технике и технологиях» (Ярославль, 2022), Международная научно-практическая конференция молодых учёных и специалистов «Ильинские чтения – 2023» (Москва, 2023), XVI и XVII Международные научные конференции «Системный анализ в медицине» (Благовещенск, 2022, 2023), 65-я Всероссийская научная конференция МФТИ (Долгопрудный, 2023), XVIII Всероссийский конгресс нутрициологов и диетологов с международным участием «Нутрициология и диетология для здоровьесбережения населения России» (Москва, 2023).

**Публикации.** Основные научные результаты, изложенные в диссертации, опубликованы в 19 научных работах (18 из которых опубликованы без соавторов), в том числе: 2 статьи в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК при Минобрнауки России по научной специальности диссертации; 2 публикации в профильных изданиях, индексируемых в наукометрической базе Scopus; 2 статьи в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК при Минобрнауки России по смежным научным специальностям; 4 тезиса докладов; 6 программ для ЭВМ; 2 базы данных и 1 промышленный образец.

**Личный вклад автора** в получении результатов, изложенных в диссертации. Все результаты диссертационной работы, в том числе постановка задач, разработка и исследование защищаемых моделей и алгоритмов, основные научные результаты, выводы и рекомендации принадлежат лично автору. Автором созданы модели и алгоритмы сбора и обработки данных в ИС нутрициолога. Основные работы, содержащие результаты и выводы диссертации, опубликованы автором без соавторов. В научных работах по теме диссертации, опубликованных в соавторстве, вклад автора состоит в разработке моделей и алгоритмов сбора и обработки информации, учитывающих специфику решения задач гигиены питания.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы из 156 наименований, приложений. Основной текст диссертации изложен на 192 страницах машинописного текста, содержит 17 таблиц и 36 рисунков.

# ГЛАВА 1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА СБОРА И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА НУТРИЦИОЛОГА И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ

## 1.1 Анализ специфики профессиональной деятельности нутрициолога

Бремя множества болезней, в том числе и пищевого происхождения, для общественного здравоохранения, благосостояния человечества и экономики государств часто недооценивается в результате заниженных показателей отчетности и сложности в определении причинно-следственных связей между потребляемыми пищевыми продуктами и заболеваниями или смертью. Согласно оценкам ВОЗ, на сегодняшний день треть человечества в мире страдает от различных форм неполноценного питания [70]. При этом, экономический ущерб из-за неполноценного питания (по данным ежегодных отчетов ВОЗ) составляет около 3,5 трлн. долл. в год [75].

Все больше исследований направлено на изучение различных аспектов питания и их влияния на здоровье человека. В связи с этим все большую популярность и востребованность приобретает наука о питании – нутрициология. В то же время наблюдается недостаток знаний по ключевым вопросам нутрициологии, ответы на которые могли бы предотвратить эпидемию или хотя бы уменьшить ее последствия. Наличие структурированной научно-обоснованной информации должно способствовать принятию эффективных решений в области регулирования питания.

Следует отметить, что перед тем, как рассмотреть практические аспекты деятельности нутрициолога, необходим анализ базовых категорий, которые с ними связаны: «диетология», «нутрициология» [159]. Разграничение этих дефиниций является ключевым аспектом в идентификации сферы деятельности нутрициолога.

В процессе исследования мы пришли к выводу, что в современной научной литературе к определению понятия «нутрициология» сложились два подхода: как междисциплинарная наука и как раздел медицины. Мы считаем, что более

корректным является первый подход, поскольку нутрициология изучает питание человека с помощью анализа совместимости продуктов и адекватности рациона, влияния пищи на организм человека и возможности коррекции самочувствия исключительно пищевыми продуктами. В связи с этим, следует отметить тот факт, что нутрициология – не узконаправленная наука. Она включает комплекс вопросов, которые косвенно или напрямую относятся к здоровью, совместимости пищевых продуктов, гигиене питания человека: изучение состава пищевых продуктов и их взаимодействие между собой, влияния определенных видов пищи на человеческий организм и их усвояемости, анализ механизмов клеточного питания и многое другое [165].

В свою очередь, второй подход отождествляет нутрициологию и диетологию. Такое приравнивание, мы считаем, не правомерным. Согласно проведенному анализу, можно утверждать, что понятия «нутрициология» и «диетология» имеют как общие смысловые черты (связаны с изучением питания человека), так и существенные отличия. В первом случае, мы говорим о науке, которая изучает продукты питания. Что касается диетологии, то она является разделом медицины, который организует и исследует питание конкретно взятого человека. Иными словами, ключевым объектом изучения для нутрициолога будет процесс всасывания компонентов из продуктов питания и напитков человеческим организмом. Тогда как диетологи создают рационы, состоящие из здоровой и правильной еды. Описанную точку зрения подтверждает и эволюционный анализ формирования и развития науки «нутрициология» [159].

В связи с изложенным целесообразным является изучение основных отличий этих профессий (подготовки и практической деятельности).

В первую очередь следует отметить, что образовательный стандарт подготовки диетологов предполагает обязательное получение высшего медицинского образования: медицинское высшее учебное заведение и интернатура по общей практике и/или ординатура по диетологии. Напротив, нутрициологом возможно стать и без медицинского образования.



При этом, во многих странах методология подготовки по нутрициологии и диетологии имеют похожую учебную программу: блок базовых дисциплин (микробиология, анатомия человека, физиология и др.), блок специальных дисциплин, изучающие непосредственно нутрициологию (углубленное изучение биологической ценности и безопасности пищевых продуктов, анализ и конструирование программ по изменению пищевых привычек). Таким образом, студенты-медики изначально изучают предметы, связанные с медициной. А когда выпускник поступает в интернатуру или ординатуру по диетологии, то там уже преподают дисциплины, направленные на более углубленное изучение лечебного и лечебно-профилактического питания, лекарственной и диетотерапии заболеваний. Такая основательная подготовка дает специалисту возможность эффективно лечить людей, а также, стать и диетологом и нутрициологом одновременно, углубившись в необходимые модули по питанию и пищевому поведению. В свою очередь, «сокращенное» образование нутрициолога, отсутствие его подготовки в области медицины и диетологии, клинической практики, не позволяет ему работать с больными людьми.

Таким образом, нутрициолог, как и диетолог может:

- изучать влияние питания на организм человека;
- популяризировать научные знания о питании;
- составлять индивидуальные программы коррекции пищевого поведения;
- помогать людям приобретать здоровые привычки;
- обучать людей составлять сбалансированный по макро- и микронутриентам рацион питания;
- помогать с выбором наиболее качественных продуктов питания и методов их приготовления;
- подбирать специализированные рационы разным категориям людей (пожилым людям, детям, мужчинам, женщинам, беременным и кормящим женщинам, спортсменам) [163].

Правда все перечисленные выше функции нутрициолог может выполнять при условии, что человек является «здоровым», иначе ему необходимо обратиться к диетологу. В связи с этим нутрициолог, в отличие от диетолога, не может:

- назначать и рекомендовать обследования, анализы и ставить диагнозы;
- интерпретировать анализы и выдавать заключения и рекомендации по ним;
- назначать диеты при заболеваниях, в т.ч. ассоциированных с питанием (диабет, панкреатит, СРК, пищевая аллергия и др.);
- рекомендовать к приёму лекарства, витамины, БАДы, травяные сборы;
- давать рекомендации по питанию [163].

Таким образом, диетолог – это врач, а нутрициолог – не обязательно. Диетолог использует разнообразные варианты питания с целью лечения заболеваний, предотвращения их осложнения и трансформирование в полиморбидные состояния. Нутрициолог же помогает «относительно» здоровому человеку наладить рацион, найти и устранить основные ошибки, скорректировать питание в соответствии с целью, которую перед собой ставит пациент и добиться продления функционального долголетия с высоким качеством жизни.

Следует отметить, что во многих странах (например, Великобритании, США и др.) нутрициология – это более развитое направление чем диетология. В этих странах, специалисты-нутрициологи подлежат обязательной регистрации и имеют высшее образование, ученую степень, а также они часто востребованы в работе в медицинских и научно-исследовательских организациях.

Следующим различием является то, что профессия «диетолог» регламентируется законодательно, а «нутрициолог» – не всегда.

В России, как и во многих других странах, профессия диетолога строго регламентирована: чтобы стать диетологом, нужно пройти аккредитацию и зарегистрироваться в официальной организации здравоохранения (Академия медицинского образования). Напротив, статус нутрициолога не регламентирован законом. Так как профессиональные стандарты нутрициолога не утверждены, то кто угодно может назвать себя нутрициологом. Это препятствует разграничению

между теми, кто получил надлежащую квалификацию и «самоучками», которые могут нанести вред здоровью человека [105].

Следует отметить, что лицензирование как диетолога, так и нутрициолога является основополагающим фильтром для практикующих специалистов в сфере здравоохранения, с целью защиты здоровья людей и обеспечения доверия к ним, как к профессионалам. Регистрация позволяет людям с законодательно признанной степенью в области питания подтвердить её, зарегистрировавшись в соответствующем органе, а пациентам – отличить квалифицированного специалиста от «шарлатана».

Таким образом, основываясь на сказанном выше, нутрициологи консультируют только условно-здоровых людей, которые желают сохранить хорошее самочувствие за счет правильного питания. Диетологи же работают как со здоровыми, так и с больными людьми, назначая медикаменты и лечебные планы питания (например, при диабете, ожирении или высоком уровне холестерина). Непосредственно к сфере изучения нутрициологии относятся процессы нарушения здоровья под влиянием неполноценного питания и наоборот, профилактическое и лечебное воздействие на организм человека здоровой пищи и правильного образа жизни. В круг интересов нутрициологии входят пищевое поведение человека, выбор пищи и ее обработка, хранение пищевых продуктов, вопросы пищевого законодательства и многое другое. Поэтому развитие нутрициологии тесно связано с профилактической медициной, химией, биохимией, гигиеной питания, физиологией пищеварения, кулинарией. Зависимость качества жизни современного человека от состояния окружающей среды привела к тому, что некоторые экологические проблемы тоже стали предметом внимания нутрициологии. В связи с этим, развитие и популяризация нутрициологии является ключевой предпосылкой для улучшения здоровья и благосостояния человечества, а также улучшения экономики стран в целом.

## 1.2 Анализ трендов медицинской информатики и цифровой нутрициологии

Процесс цифровизации здравоохранения стал набирать обороты с 2007 г., когда Интернет стал активно использоваться для привлечения пациентов в медицинские организации. На сегодняшний день этот процесс сталкивается с большим количеством трудностей: отсутствие мотивации в финансировании внедрения новых систем и обучения персонала; наличие юридических последствий, которые могут возникнуть вследствие обмена данными между ЛПУ и нарушения конфиденциальности информации. Все эти факторы являются тем рычагом, который сдерживает прогресс. Несмотря на все эти негативные последствия, цифровизация медицины обладает потенциалом значительного улучшения медицинского обслуживания.

Рассмотрим основные тренды развития цифровой медицины в мире и в России на ближайший период. На сегодня и в будущем одной из тенденций цифровизации является активный рост спроса на МИС. Такие системы включают в себя огромное количество разноплановых приложений, которые учитывают не только индустриальные масштабы оказания медицинской помощи, проблемы качества лечения, стандартизацию медицинских услуг, дорогостоящие ресурсы, оптимизацию издержек, но и в целом обеспечение эффективности системы здравоохранения.

При этом в научных публикациях, приказах и методических рекомендациях Минздрава России существуют различные определения МИС. Согласно проведенному анализу определения МИС [158], можно говорить о выделении следующих подходов к трактованию:

- за уровнем территориальной структуры: макроуровень ([15], [87], [8] и др.) и микроуровень ([150], [108] и др.);
- целевым назначением и функциональными возможностями МИС: обобщенная ([54], [15], [150], [108] и др.) и ограниченная ([87], [8] и др.).

Мы считаем, что к определению понятия МИС нужно подходить комплексно, учитывая все подходы. МИС – это комплексная ИС для автоматизации

деятельности ЛПУ и системы здравоохранения в целом, которая состоит из взаимосвязанных подсистем (СППВР, ЭМК, данные медицинских исследований в цифровой форме, данные мониторинга состояния пациента с медицинских приборов, средства общения между сотрудниками, финансовая и административная информация).

1 января 2006 г. в рамках реализации четырёх приоритетных национальных проектов Президентом РФ В. В. Путиным начата реализация национального проекта «Здоровье», что вызвало рост интереса к внедрению ИТ в отечественных ЛПУ. Сегодня в России довольно активно развивается импортозамещение на рынке медицинских изделий, что способствует не только увеличению доли этого рынка и его конкурентоспособности, но и стремительному развитию отечественного производителя МИС [62].

Следует отметить, что требования государства к развитию МИС постоянно растут. Так, в 2019-2024 гг. основной статьёй затрат государственного бюджета стала разработка, развитие и внедрение различных МИС для регионального здравоохранения, финансирование которой составляет около 85% от всех денежных средств, выделенных на федеральную программу «Создание единого цифрового контура в сфере здравоохранения» [55] (рис. 1.1).

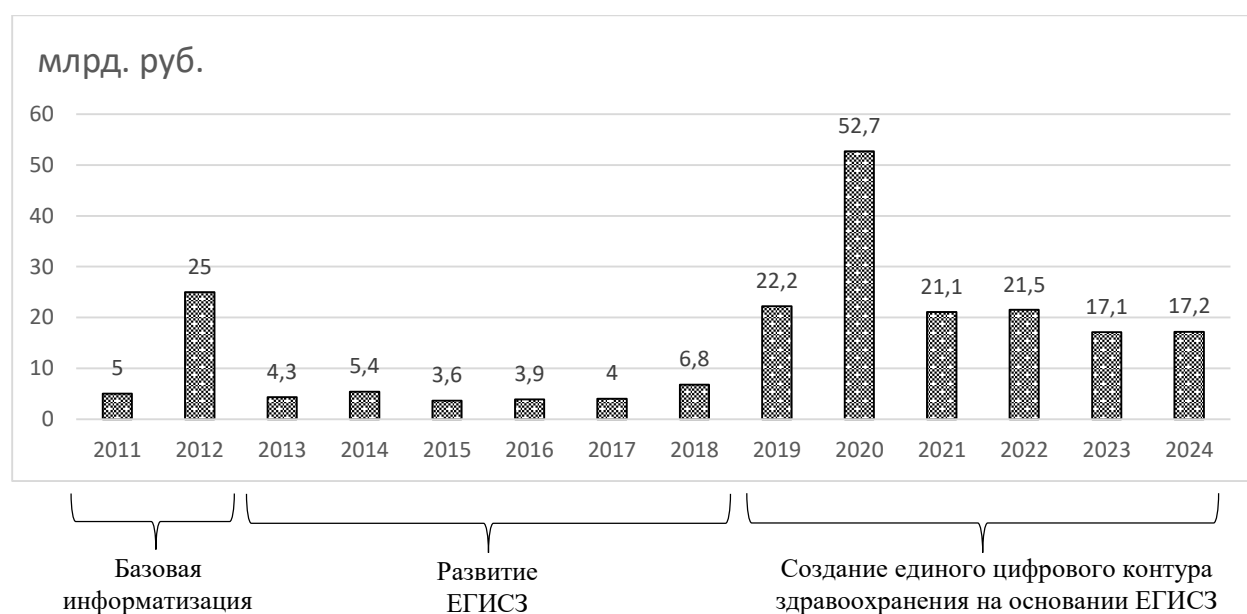


Рисунок 1.1 – Государственное финансирование информатизации здравоохранения России 2011-2024 гг. [54]

Далее следует рассмотреть факторы и тенденции развития МИС (рис. 1.2). Согласно рис. 1.2 одной из тенденций развития цифровой медицины является пациентоориентированность. Это связано с постоянным ростом требований, которые предъявляются к качеству медицинской помощи и сервисным процессам медицинской организации. Уже сейчас появляются сервисы, ставящие во главу пациента, а не медицинское учреждение.

В связи с этим, ключевой задачей МИС в последнее время стало внедрение в практику работы врача ЭМК. Так, сейчас уже реализуются первые проекты, которые предполагают внедрение электронного рецепта, электронного родового сертификата, цифровые модели предоставления результатов лабораторных анализов и т.д. [151].

В ближайшее время в сфере управления взаимоотношениями с пациентами будет внедряться концепция Patient Relationship Management (PRM), реализация которой предполагает использование современных и практичных инструментов коммуникации между клиникой, врачом и пациентом, интеграцию в социальные сети и мессенджеры, персонализацию обслуживания пациентов. [54].

Из пациентоориентированности вытекает следующая тенденция развития цифровой медицины – это развитие телемедицины, популярность которой значительно выросла во время Covid-19 [2]. В наше время одним из популярных видов телемедицины является удаленный мониторинг состояния пациента. В большинстве случаев он необходим для наблюдения за пожилыми людьми, которые не в состоянии дойти до ближайшего ЛПУ или не могут сами о себе заботиться. Официальная статистика свидетельствует, что к 2024 г. пожилые граждане будут составлять до 25% населения земного шара. Учитывая высокий процент хронических заболеваний у этой группы пациентов, в ряде стран Европы реализуются телемедицинские программы самообслуживания и терапевтического обучения [83].

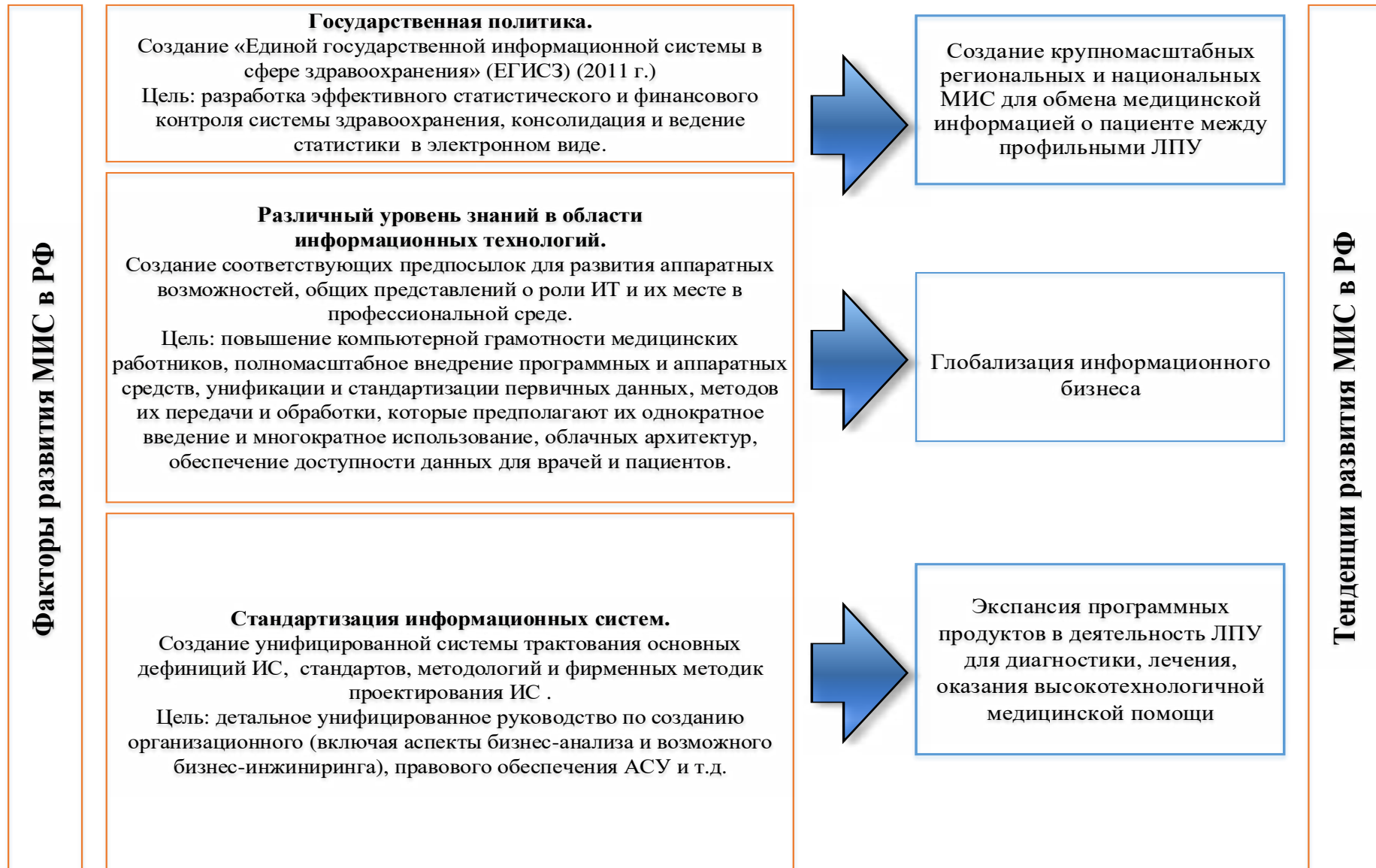


Рисунок 1.2 – Факторы и тенденции развития МИС

Развитию телемедицины в России препятствует несовершенство законодательства. Например, в РФ пока нельзя дистанционно ставить диагнозы (в том числе предварительные) и назначать лечение без первичного очного приема пациента. При условии снятия этих ограничений, рынок телемедицины в РФ может составить около 30 % всего рынка в трехлетней перспективе. Но даже в текущих условиях рынок дистанционной медицины растет (в 3 раза за «доковидный» 2019 г.), а эксперты НИУ ВШЭ оценивают объем рынка в 17-45 миллиардов рублей на ближайшие 3-5 лет [30].

Рынок технологий телемедицинских услуг, не сумев избежать участи завышенных ожиданий, пережил бурный рост. В ближайшие несколько лет виток развития этой технологии повторится, но на этот раз с СПКР, ИИ и машинным обучением. И так, следующей тенденцией интеграция ИИ в МИС [151].

Полная трансформация медицины на основе технологий ИИ пока не достигнута ни в одной стране мира. На текущий момент большинство развитых стран находится на втором этапе внедрения ИИ (рис. 1.3). Объем мирового рынка ИИ в медицине оценивается примерно в \$1,3 млрд. Пик появления новых компаний приходится на 2017-2018 гг., половина из которых – американские [143].

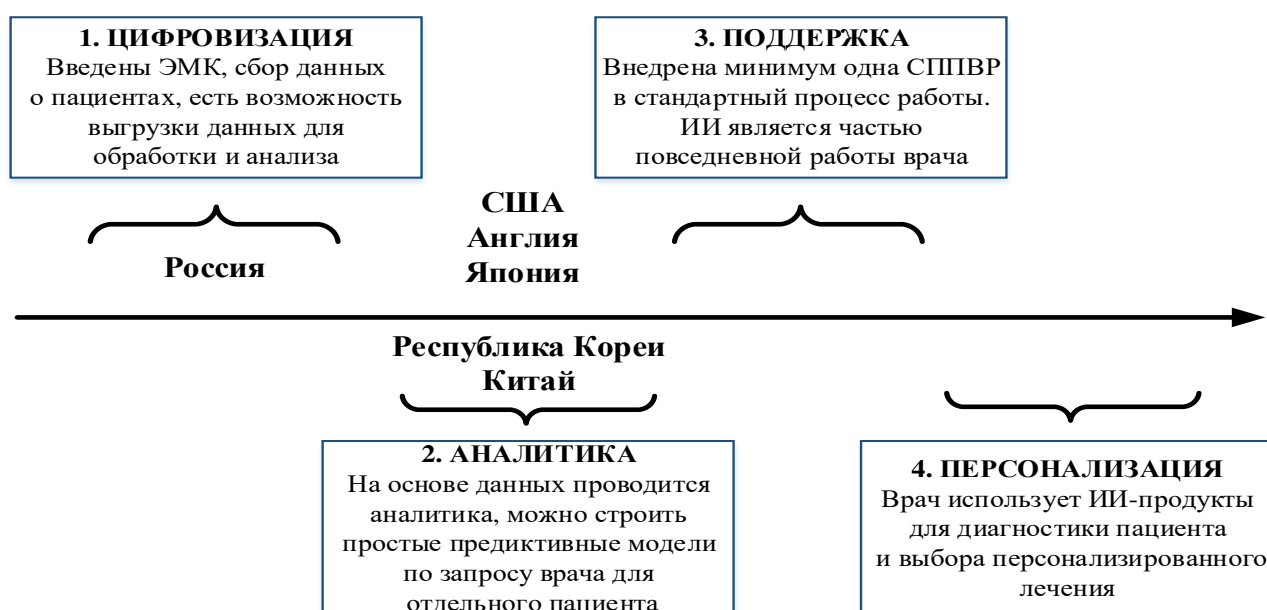


Рисунок 1.3 – Стадии внедрения ИИ в медицинском учреждении [143].



Основные мировые тренды и барьеры развития ИИ в медицине представлены в табл. 1.1.

Таблица 1.1 – Сравнительный анализ трендов и барьеров в развитии ИИ в сфере здравоохранения

Факторы развития	Показатель	Барьеры для развития
Данных становится экспоненциально больше. Они, обычно, не связаны друг с другом и нуждаются в дополнительной обработке	Данные	Неструктурированные, неполные, невалидированные, персональные МД. Персональные данные, согласно закону, нельзя передавать, а при обезличивании теряется связь с данными других учреждений
По всему миру ужесточаются клинические испытания и сертификация технологий ИИ	Контроль и ответственность	Нерегламентированная ответственность врача/клиники за последствия решений, принятых на основе данных, полученных с помощью ИИ
Все больше взаимодействий врача с пациентом переходит в онлайн. Создаются целые «облачные клиники» (Китай)	Онлайн-услуги и сертификация	Отсутствие возможности тестирования и обоснования валидации ИИ
Все больше процедур в клинике становятся не привязанными к физическому месту. Основным профессиональным требованием является многозадачность	Мобильность и безопасность	Существует возможность непредсказуемых диагнозов и рекомендаций, выдаваемых ИИ. Как следствие - пока необходима ручная валидация
Все больше технологий и продуктов ориентируются на помощь и поддержку врача. На сегодняшний день насчитывается 46 проектов СПКР	Поддержка врача и оплата	Проблемы с финансирование технологий ИИ: ИИ имеет сквозной характер и интегрируется во многие существующие решения, увеличивая их стоимость
В медицинские продукты внедряются элементы игр (достижение целей, набор баллов и т.д.), что открывает возможности для ML-анализа поведения и мотивации пользователей	Геймификация для пользователей и дефицит компетенций	Необходимость обучения врачей новым подходам и технологиям применения ИИ, в том числе границам применимости ИИ

Следующей тенденцией развития цифровой медицины является интеграция систем и централизация облака. В последнее время частные клиники выгружают данные из собственных МИС в ЕГИСЗ. Возможно, в будущем это требование будет обязательным для получения медицинской лицензии. Такая система является

ярким примером необходимости интеграции с государственными сервисами, но далеко не единственным. Так, медицинские учреждения должны отчитываться за продажу лекарств в системе маркировки «Честный Знак», позволять пациенту записаться на прием через сервисы онлайн-записи (например, «Мое Здоровье» на Госуслугах) и так далее [30].

Таким образом, консолидация рынка ИС в здравоохранении является вполне закономерным процессом, который наблюдается уже на протяжении нескольких лет и будет продолжать развиваться. Это является еще одной тенденцией в развитии цифровой медицины.

Еще одной тенденцией в развитии является усиление государственного контроля за частными МИС. Так, уже сегодня правительство контролирует работу медицинского сектора через ЕГИСЗ, систему мониторинга за оборотом лекарств и так далее. В 2019 г. приказом Минздрава РФ № 911н были утверждены требования к медицинским ИС, а в 2021 г. зампредседателя Госдумы Ирина Яровая инициировала аудит эффективности региональных МИС. В дальнейшем тенденция к усилению контроля со стороны государства сохранится и будет продолжать расти [30].

И последняя тенденция в развитии цифровой медицины – это ТБ (безопасность и достоверность). Это связано в первую очередь с тем, что использование распределенных вычислений в медицине поможет повысить безопасность данных в самых разных областях (от IoMT до облачного хостинга данных систем). Именно ТБ является ключевой предпосылкой для развития защищённых интерфейсов обмена МД между врачами и ЛПУ, которые позволяют сохранять анонимность и соответствуют требованиям Акта о мобильности и подотчётности медицинского страхования (HIPAA) и Общего регламента по защите данных (GDPR).

Среди проектов, применяющих ТБ для ЭМК, достаточно эффективным на сегодня есть «MedRec». Он индексирует медицинские записи в цепочке блоков, позволяя доступ к записям поставщикам, получившим разрешение [34]. Это предназначено для обеспечения конфиденциальности пациентов и создания

контрольного журнала, который упрощает поиск и проверку информации о пациентах в цепочке блоков.

Что касается трендов развития нутрициологии, то согласно эволюционному анализу [161] они в полной мере соответствуют тенденциям развития медицины в целом. В наше время в России отсутствует комплексная программа, охватывающая как персонифицированные, так и укрупненные региональные аспекты нутрициологии, методику построения соответствующих алгоритмов с использованием как детерминированных моделей типа энергетического баланса, так и статистических моделей, использующих результаты обработки большого объема данных [40]. Если рассматривать каждую отдельно тенденцию развития цифровой медицины, то можно с полной уверенностью говорить, что они соответствуют основным трендам развития цифровой нутрициологии (табл. 1.2).

Таблица 1.2 – Тенденции в развитии цифровой нутрициологии

Тренд	Описание
Развитие МИС	Цифровая трансформация данных и дальнейшая их обработка посредством совокупности вычислительных алгоритмов, сопоставляющих многомерному массиву параметров пользователя.
Пациенто-ориентированность	Создание ПО разработки персонифицированных рекомендаций по оптимальному питанию на заданный горизонт планирования по средством обработки не персонифицированных данных.
Телемедицина	Современная медицинская диагностика предполагает получение визуальной информации о здоровье пациента. Активное развитие информационных средств, позволяющих врачу «видеть» пациента.
Интеграция систем и централизация облака	Полномасштабное использование автоматической машинной классификации в области нутрициологии обусловлено большим объемом накопленной информации о связи питания с продолжительностью жизни и здоровьем, а также социально-экономическим аспектом планирования производства продуктов питания.
Внедрение ИИ	Внедрение ИИ-решения для повышения эффективности оказания услуг, проявляя наибольший интерес к автоматизации управления ЭМК и анализу изображений для разработки правильного рациона.
Государственный контроль за частными МИС	Разработка процедур сертификации и регистрации. Выгрузка данных их МИС в ЕГИСЗ.
Блокчейн	Пациент получает защищенный доступ к своей ЭМК, что исключает возможность подмены персонализированного рациона.

Таким образом, основной характеристикой тенденций в развитии как цифровой медицины, так и цифровой нутрициологии является то, что ключевым участником системы здравоохранения является пациент. Главными факторами, от которых зависит жизнь человека являются скорость и эффективность принятия клинических решений. В связи с этим, последнее время наблюдается стремительное освоение технологий «третьей платформы», таких как ИИ и машинное обучение, IoT, дополненная реальность, робототехника и 3d-принтинг и др.

### 1.3 Обоснование базовых требований к сбору и обработке информации для информационной системы нутрициолога

Нутрициолог – это своеобразный «проводник» положительных изменений в питании, который помогает пациенту не только достичь желаемого результата, но и быть здоровым. С этой целью нутрициолог изучает биохимические процессы в организме при метаболизме еды, состав и качество пищи, а также обеспечивает грамотное составление рациона для нужд человека.

В компетенцию нутрициолога входит анализ совместимости продуктов питания и их воздействия на организм. Цель его деятельности – определить закономерности влияния питания на здоровье человека, поиск путей облегчения усвоения питательных веществ, переработки и выхода остаточных продуктов из организма [112]. Соответственно нутрициолог должен разбираться в устройстве пищеварения, процессах организации питания, составах продуктов и их сочетаемости, а также в том, как еда воздействует на организм [144].

В связи с этим, сопутствующими задачами деятельности нутрициолога являются:

- обучение пациента правильно составлять сбалансированный рацион питания, чтобы избежать дефицита макро- и микронутриентов;

- формирование рациона питания для повышения естественной сопротивляемости организма инфекционным возбудителям, профилактики ССЗ и онкологических болезней, детоксикации;

- изучение биохимии пищеварительного процесса, роли биологически активных добавок и дополнительных элементов в поддержании нормальной жизнедеятельности здорового организма;

- выявление связи между пищевыми пристрастиями пациента и его психическим состоянием [100].

При этом, согласно проведенному анализу (пункт 1.1), следует учитывать тот факт, что нутрициолог работает с «условно» здоровым человеком. В связи с этим, следует отметить следующие «догмы» практической деятельности нутрициолога:

- не «назначает» и не «прописывает» лекарства, а предлагает пациенту альтернативу – сбалансированный рацион питания;

- не ставит пациентам диагнозы, а информирует о том, что нужно предпринять уже сейчас, чтобы состояние пациента начало улучшаться;

- не «лечит» пациента, а обеспечивает его необходимыми информационными ресурсами, подсказывает к какому врачу ему нужно обратиться в случае, если все-таки требуется лечение;

- не противоречит, не комментирует и не отменяет назначения специалистов здравоохранения;

- помогает пациенту ставить цели, преодолевать барьеры, побуждает к рефлексии и проявляет сильные черты характера пациента [100].

Таким образом, специфика деятельности нутрициолога, в первую очередь, заключается не в постановке пациенту диагноза и прописывании ему лекарственных препаратов, а в поддержке на пути достижения «оптимального» здоровья.

В связи с указанным выше, основными пациентами нутрициолога являются следующие группы населения:

– люди с хроническими заболеваниями: многие проблемы со здоровьем, которые доказательная медицина не может объяснить, решаются исключительно коррективкой питания;

– люди, страдающие от дисбаланса пищеварительной системы;

– люди, которые хотят улучшить свое самочувствие, стать более энергичными, продуктивными и здоровыми [126].

Чтобы справиться с поставленной задачей, нутрициолог должен владеть навыками полного клинического обследования пациента. В свою очередь, осмотр нутрициолога – комплекс процедур, направленных на выявление в рационе продуктов, плохо влияющих на состояние здоровья пациента. Медицинский осмотр нутрициолога состоит из нескольких этапов:

– сбор анамнеза: опрос и изучение истории болезней;

– визуальный осмотр, первичная оценка состояния пациента;

– определение индекса массы тела;

– проведение тестов, инструментального обследования;

– чтение и расшифровка результатов исследований;

– составление схемы питания [109].

Сбор информации является ключевым этапом в диагностико-консультативной деятельности нутрициолога. Неправильно собранная субъективная информация (полученная со слов пациента) влечет за собой ошибочно разработанный рацион [155].

При проведении опроса специалисту гигиены питания необходимо применять специфические навыки общения, чтобы акцентировать внимание пациента на состоянии его здоровья, а также изменениях, которые происходят или будут происходить в его образе жизни. Доброжелательное отношение к пациенту позволит ему преодолеть недоверие к нутрициологу, агрессию, перевозбуждение и нарушение речи.

Основные цели проведения опроса следующие:

– установление доверительных отношений с пациентом;

- формирование «правильного» отношения пациента к состояниям беспокойства и тревоги;
- выяснение ожиданий пациента от консультации нутрициолога;
- получение ключевой информации о пациенте, требующей углубленного изучения.

При этом специальной подготовки к первичному осмотру нутрициологом не требуется. Полный осмотр у нутрициолога необходим для выявления причины патологий. Для этого необходимы медицинская книжка, выписки из истории болезней, результаты обследований, заключения других специалистов. нутрициолог проводит опрос исходя из представленной пациентом медицинской документации.

После опроса нутрициолог проводит визуальный осмотр: определяет тип телосложения, осматривает слизистые, кожный покров, ногти. На основании осмотра он определяет оценку НС пациента. Для получения более объективной оценки НС в повседневной клинической практике принято использовать комплекс соматометрических и клинико-лабораторных параметров: обязательных (антропометрических, клинических и лабораторных исследований) и дополнительных (жировая масса тела, мышечная масса тела и их соотношение и др.) [106].

К обязательным антропометрическим параметрам при физическом обследовании пациента относятся: рост-весовые показатели и их производные (масса тела, рост, ИМТ и величина ее отклонения), окружность плеча и толщина кожно-жировой складки. Более детально методики анализа антропометрических данных рассмотрено в пункте 3.1.

При необходимости нутрициолог может направить пациента на дополнительные клинические анализы. И тут возникает противоречивый момент. В соответствии с проведенным анализом (пункт 1.2), для нутрициолога наличие медицинского образования не является обязательным. Таким образом, он не может назначать БАДы, лекарства или комментировать анализы. Тогда возникает вопрос: зачем сдавать анализы? Ответ очень прост. Человек идёте к специалисту, который

будет восстанавливать его здоровье через устранение определенных дефицитов. Человек сдает анализы один раз, но при этом экономит свое время и ускоряет процесс выздоровления.

Также при необходимости нутрициолог может направить на следующие обследования:

- УЗИ брюшной полости и почек (не более 3-х месяцев);
- УЗИ щитовидной железы (не более 6-и месяцев);
- женщинам – УЗИ органов малого таза и молочных желез (не более 6-и месяцев);
- мужчинам – УЗИ простаты (не более 6 месяцев);
- если есть хронические или диагностированные заболевание – сдает анализы, показанные при их наличии.

Как говорилось ранее, нутрициолог не просто обеспечивает пациента необходимыми информационными ресурсами, а направляет к соответствующему врачу в случае, если требуется лечение. Это является еще одним аргументом правомерности направления пациента на дополнительные анализы нутрициологом.

Таким образом, согласно проведенному анализу научных источников, можно утверждать, что нутрициологи подходят к вопросу питания комплексно: при формировании рациона они учитывают не только анамнез, но антропометрические параметры и многие другие параметры пищевых пристрастий пациента. Исследование НС позволяет выявить трофологические нарушения у пациента и оценить эффективность проводимой коррекции рациона питания. Как следствие – нутрициологи корректируют как рацион питания, так и режим дня человека (количество часов и период здорового сна, периодичность приемов пищи, процесс поглощения пищи). Кроме того, основываясь на результатах анализов, нутрициологи убирают дефициты витаминов и минералов путем подбора соответствующих продуктов питания, обогащающих рацион.



## 1.4 Облик информационной системы нутрициолога

С распространением компьютерной техники, стали доступными исследования не только отдельного человека, но и небольших однородных групп индивидуумов, расширилась номенклатура исследуемых характеристик пищевой ценности продуктов питания, появилась возможность применения научно-обоснованных и официальных норм потребления [114]. При этом, индивидуальные нормы потребления различаются для людей разной массы, пола и возраста, профессии и т. д. Очевидно, что для такой, достаточно сложной «аналитической» работы, ИС является неотъемлемым инструментом в реализации своих профессиональных функций нутрициологом. Наличие ИС значительно улучшает качество консультативно-диагностической помощи, позволяя уделять больше внимания работе с пациентом.

ИС представляет собой комплекс средств вычислительной техники и ПО, располагающийся непосредственно на рабочем месте сотрудника и предназначенный для автоматизации его работы в рамках специальности [140]. Основными принципами создания ИС являются следующие:

- системность: ИС должна представлять собой систему взаимосвязанных компонентов, структура которой должна строго соответствовать тем функциям, для выполнения которых оно создается;
- гибкость: возможность модернизации ИС. Для этого все его подсистемы выполняются в виде отдельных легко заменяемых модулей;
- устойчивость: ИС должна выполнять свои функции независимо от воздействия как внутренних, так и внешних факторов;
- эффективность: затраты на создание и эксплуатацию системы не должны превышать выгоду от ее использования [121].

В свою очередь, к ИС предъявляются следующие требования: ответственность информационным потребностям пользователя; минимальное время ответа; адаптивность; возможность быстрого обучения пользователя основным приемам работы; надежность и простота в обслуживании ИС;

«дружественный» интерфейс; возможность работы в составе вычислительной сети (наличие соответствующих коммуникаций, объединяющих ИСы в АСУ) [140].

При создании ИС определенного специалиста, необходимо определить его должностные обязанности, перечень наиболее типичных действий, потребность в той или иной информации. Следующим шагом является выбор функций, которые могут быть автоматизированы. На основе этих сведений создается ИС с набором технических и программных средств, наиболее полно отвечающее профессиональным потребностям нутрициолога.

В настоящее время разработаны ИС практически для всех сотрудников ЛПУ, которые характеризуются вариабельностью в своем функциональном предназначении. Так, для ИС нутрициолога свойственными должны быть следующие функции:

- регистрация пациентов;
- ведение медицинской документации;
- прогнозирование осложнений и динамики патологического процесса;
- обработка данных и ведение электронного документооборота;
- формирование списка компонентов меню с учетом разрешений для определенного плана питания, индивидуальных предпочтений пациента, наличия заболеваний, аллергии;
- формирование таких компонентов меню, при поступлении которых в организм пациента обеспечивается профилактическое воздействие при определенной группе заболеваний;
- поддержка лабораторной диагностики: анализ результатов исследований в сравнении с нормальными половозрастными значениями показателей с учетом установленного или предполагаемого диагноза и тяжести состояния;
- поддержка функциональной диагностики, предполагающая проведение расчетов (например, при анализе медицинских сигналов) и сравнение различных наблюдаемых паттернов с возможностью их представления в графической форме;
- возможность просмотра как отдельных хранимых изображений, так и видеорядов, характеризующих процесс в динамике;

- поддержка принятия организационных решений, включая прогнозирование;
- медико-статистическая обработка данных;
- расчет стоимости консультаций, обследования;
- доступ к информационным ресурсам и дистанционный обмен данными: обращения к базам МД в Интернете; обмена данными с использованием wifi-технологий в целях телеконсультирования и интерактивного аудио/видеообмена при видеоконсультациях.

На сегодня существует огромное количество различных компьютерных программ анализа фактического питания. В результате сравнительного анализа наиболее широко использованных программ [159] мы можем утверждать, что иностранные программы, в том числе и профессиональные, невзирая на широкий спектр функциональных возможностей, в условиях нашей страны имеют существенные недостатки использования: отсутствие русскоязычного интерфейса и сведений о отечественных продуктах питания. Все это делает их использование на территории РФ невозможным без предварительной доработки и загрузки дополнительных данных.

В связи с этим нутрициологи для реализации своей профессиональной деятельности будут искать отечественные и относительно дешевые компьютерные средства. Таких программ на сегодня разработано довольно много, лидерами среди которых – являются «Правильное питание», «Диетолог» и «Домашний диетолог» [159]. Повышенный спрос на эти программные продукты обусловлен наличием определенных преимуществ их использования, а именно: простота интерфейса, большой набор свойств (широкий список характеристик пищевой ценности различные категории питающихся, пополняемый состав продуктов и блюд). Не лишены эти программы и существенных недостатков (минимализм функций, отсутствие возможности работы через Интернет), наличие которых сводит к бесполезности профессионального применения этих программ во врачебной практике. Также следует отметить, что серьезной методологической проблемой существующих на рынке программ является то, что все опросные

методики оценивают лишь средние значения антропометрических параметров человека.

В свою очередь, мы считаем, что использование такой программы должно обеспечивать автоматизацию процесса диагностирования, консультирования и сопровождения пациента нутрициологом, а именно:

- ведение учета пациентов: возможность ввода данных, характеризующих не только образ жизни пациента, но и его физиологические особенности, а именно: ФИО, пол, возраст, масса тела, рост, другие показатели (результаты биоимпедансометрии (основной обмен веществ, жировая масса, безжировая масса, активная клеточная масса, скелетно-мышечная масса, общая вода; внеклеточная жидкость; внутриклеточная жидкость));

- оценивание антропометрических данных, процентного содержания жировой ткани, ИМТ, типа телосложения, типа распределения жировой ткани, рекомендуемого веса в диапазоне;

- формирование анкет по методу 24-часового воспроизведения питания или методу анализа частоты потребления пищи под различные задачи исследования и группы населения;

- оценивание фактического питания потребителей с заполнением анкеты по методу 24-часового воспроизведения питания с использованием альбома фотографий блюд или по методу анализа частоты потребления пищи;

- определение химического состава и энергетической ценности фактического рациона питания потребителя и визуализация этих данных;

- формирование исключений пищевых продуктов и блюд в БД с учетом имеющихся АЗЗ, пищевых предпочтений, гликемических индексов пищевых продуктов, величины содержания в них критически значимых пищевых веществ (пищевая соль, сахара, жиры, включая жиры с насыщенными жирными кислотами и трансизомерами жирных кислот);

- расчет вариантов групповых и индивидуальных меню из перечня продуктов по заданным параметрам и из рационов;

- определение химического состава и ЭЦ введенных рационов питания и меню для потребителя и визуализация этих данных;
- корректировка и выбор рассчитанных рационов питания и меню на заданный горизонт планирования (1 день, 7 дней, 10 дней, 14 дней, 30 дней);
- формирование отчетов: автоматическое формирование отчета, возможность настройки титула и колонтитулов отчета под требования пациента, включения в него рецептов приготовления блюд из рекомендуемого рациона;
- обновление ПО и информационных БД программного комплекса.

Таким образом, основной задачей ИС «Нутрициолога» является расчёт персонализированного рациона питания и меню с учётом особенностей человека, антропометрических данных, состояния здоровья и др.

В свою очередь, такая ИС позволит не только приумножить терапевтический эффект за счет оптимального рациона питания и удовлетворить индивидуальные предпочтения каждого пациента, но и уменьшить финансовые затраты на приобретение продуктов питания.

Структурно такая ИС должна состоять из следующих блоков:

- БД: формирование и генерация исключительно формализованной и достоверной информации, в необходимом объёме, обеспечивая информационную и интеллектуальную поддержку деятельности нутрициолога;
- «центр», составляющими подсистемами которого должны быть следующие:
  - 1) первичная обработка данных: обеспечение гибкого интерфейса между хранилищем данных и соответствующими подсистемами программы;
  - 2) фильтрация данных: формирование меню с учетом наличия исключений пищевых продуктов и блюд в связи с наличием АЗЗ, аллергических реакций и пищевых предпочтений;
  - 3) подбор оптимального меню: формирование рациона питания, придерживание которого обеспечит профилактическое воздействие при имеющихся у пациента АЗЗ;

4) графический интерфейс: составления отчетов, графическая часть которого включает мониторинг веса, параметров биоимпедансометрии, затраченных за сутки ккал, калорийность рекомендуемого и фактического рационов. Масштаб отображения рассчитывается автоматически под разброс данных. Узловые точки интерполяции и прогнозирования на графике устанавливаются на дату измерения, графическая часть отчета включает групповой или персонализированный рацион, меню.

Таким образом, исходя из указанного выше, нутрициолог должен не только держать в голове большой объем информации, но и анализировать его. Это нереально в связи с физическим и умственным ограничением самого человека. Как следствие, ключевым инструментом в профессиональной деятельности нутрициолога должен быть компьютер с соответствующей ИС. На сегодня не существует комплексной и эффективной компьютерной программы, которая соответствовала требованиям нутрициолога как специалиста, следовательно, актуальным является разработка такой ИС.

### 1.5 Особенности проектирования баз данных для информационной системы нутрициолога

Для рациональной организации консультативно-диагностической помощи нутрициологом, ключевым является не только максимально эффективное использование накопленной информации, но и обнаружение посредством специального анализа неявных тенденций и закономерностей. Решение этих задач обуславливает актуальность создания и использования автоматизированных информационно-аналитических и коммуникационных систем в практике нутрициолога.

Процесс проектирования такой системы проходит в достаточно противоречивых и сложных условиях. С одной стороны, финансовая составляющая этого процесса достаточно высока, при этом информационные потребности пользователей нечетко сформулированы и меняются в процессе проектирования,

увеличивая его сроки. С другой стороны, процесс совершенствования обеспечения АС настолько стремителен, что при длительных сроках проектирования к моменту ввода в эксплуатацию они оказываются морально устаревшими. Указанные обстоятельства усиливают необходимость определения научно-методических основ формирования концептуального облика системы как совокупности согласованных требований к ней, её структурным элементам и видам обеспечения. В свою очередь, такая система требований должна быть инвариантной по отношению к стремительной эволюции технических средств автоматизации, их ПО и всей ИТ [39, 154]. Предполагаемая схема информационно-интеллектуальной поддержки деятельности нутрициолога представлена на рис. 1.4. Разработана схема предусматривает основные этапы деятельности нутрициолога при организации и реализации консультативно-диагностического процесса.

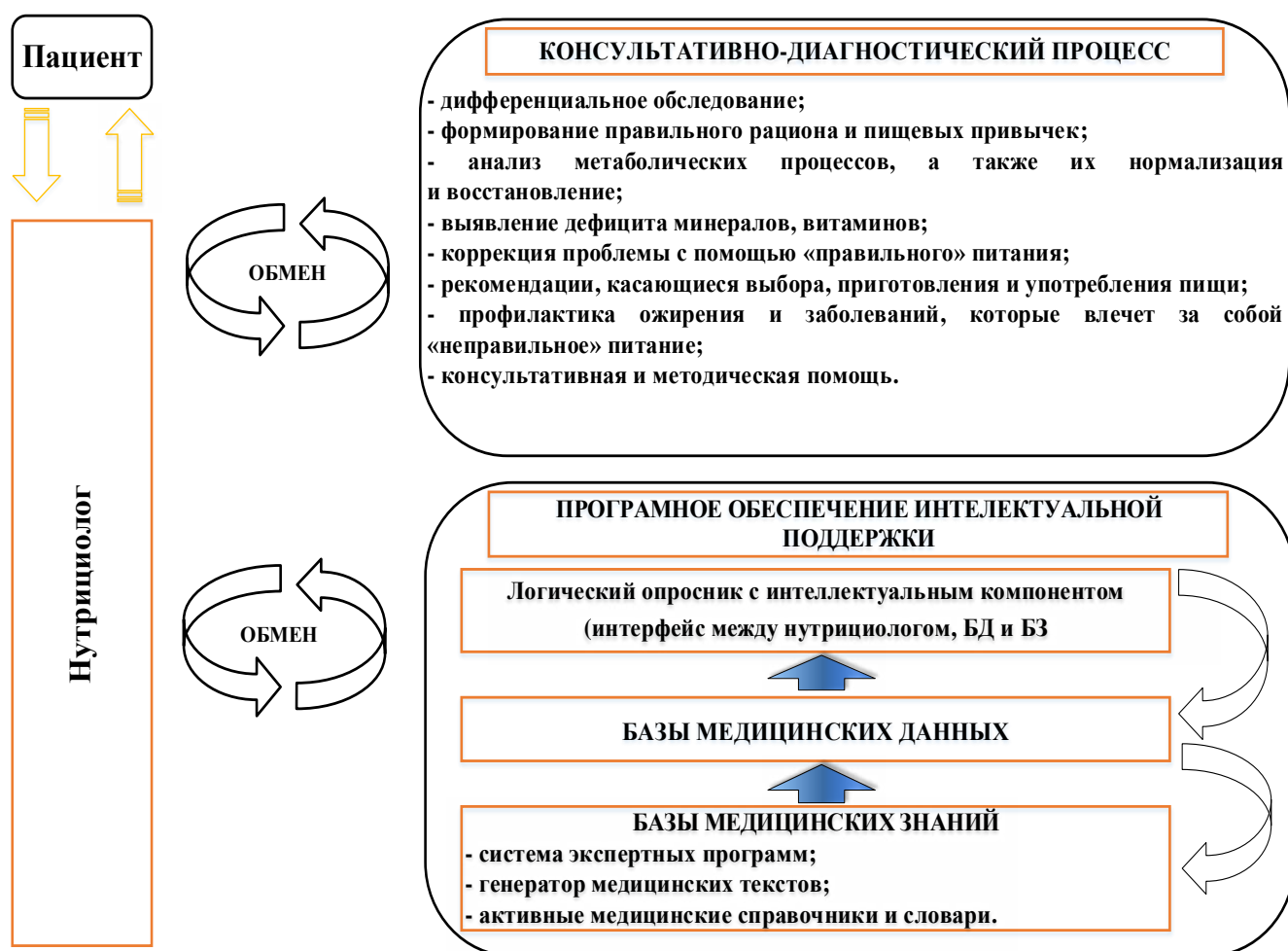


Рисунок 1.4 – Схема информационно-интеллектуальной поддержки деятельности нутрициолога

Комплексная компьютеризация деятельности нутрициолога, помимо развития общей методологии, требует проработки ряда специфических вопросов, а именно: организация соответствующего действующим медицинским регламентам и стандарта электронного документооборота; выбор СУБД; интеллектуализация БД; формирования «оперативной» и «аналитической» форм информации; обеспечение надежности и безопасности; обеспечение горизонтальной и вертикальной интеграцией информации и др. [160].

Исходя из выше указанного, основой функционирования современных ИТ является концепция интегрированных БД. БД позволяют сохранять данные о пациенте и собранные МД. Поэтому БД должна иметь возможность накапливать, хранить и обновлять данные, а также предоставлять различным категориям пользователей быстрый доступ к необходимым данным. Для этого данные в БД должны быть структурированы в соответствии с конкретной моделью предметной области (диагностико-консультативная деятельность нутрициолога), представляющей собой совокупность объектов, их свойств и связей между ними [20, 155].

При этом следует отметить, что БД не только функционирует внутри ИС, но и развивается вместе с ней. Период от момента появления идеи создания БД до момента завершения его поддержки разработчиком или организацией, выполнявшей сопровождение, называется жизненным циклом БД (рис. 1.5) [104].

Согласно рис. 1.5 ключевым этапом в жизненном цикле БД является именно процесс разработки, реализация которого предполагает наличие следующих этапов: исследование предметной области; создание инфологической модели; создание даталогической модели; создание физической модели. На первом этапе проектирования БД проводится системный анализ предметной области, результаты которого являются исходными данными для решения задач непосредственного проектирования БД [118]. На этом этапе также рассматриваются цели и задачи, анализируются информационные потребности всех категорий будущих пользователей БД, формы входных и выходных потоков данных. Затем формируются требования, которым должна соответствовать проектируемая БД,



уточняются алгоритмы и процедуры обработки хранимых данных, а также определяется перечень объектов предметной области, свойства которых будут использоваться при разработке БД [111].

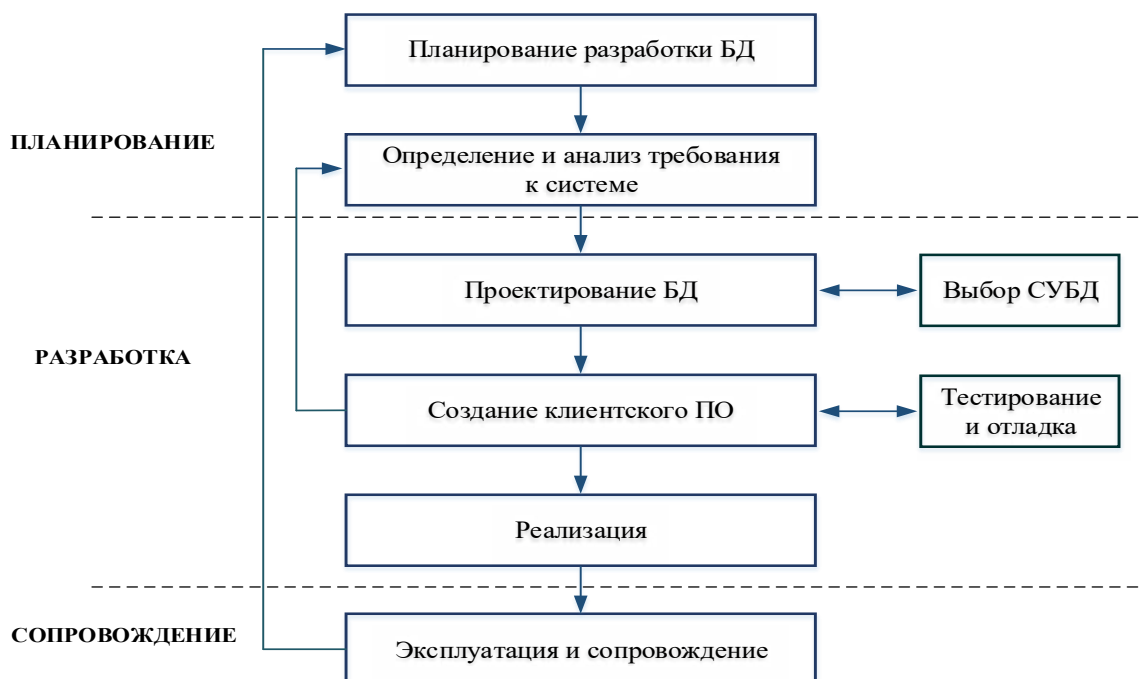


Рисунок 1.5 – Жизненный цикл проекта БД [68]

В результате решения задачи проектирования должны быть определены: содержательное наполнение БД, эффективный способ организации данных и инструментальные средства управления ними.

В свою очередь, предметная область ИС рассматривается как совокупность реальных процессов и сущностей (объектов), представляющих интерес для её пользователей [68]. Каждая из сущностей предметной области обладает определённым набором атрибутов (свойств). Так, например, для сущности «ПАЦИЕНТ» в качестве атрибутов можно выбрать: ФИО, адрес, телефон, биометрические данные (рост, вес, пол), хронические болезни, анализы, аллергия, способ жизни и др. Для упрощения процедуры описания предметной области зачастую проводят определение типов сущностей. Эти манипуляции позволяют выделить из всего массива сущностей предметной области группу однородных по структуре и поведению.

Информация о предметной области отображается как в инфологической модели, так и даталогической и физической моделях [20] и представляется в интегрированном виде совокупности информационных объектов и их структурных связей. В качестве инструмента для построения модели данных на этапе создания информационно-логической модели, мы считаем, наиболее целесообразным является использование модели «сущность-связь» (Entity–Relationship). Такой выбор объясняется следующими особенностями ее практического использования: проста и наглядна модель; содержит все необходимые сведения для дальнейших этапов проектирования БД и легко трансформируется в модели БД для распространенных СУБД; определяет значения данных в контексте их взаимосвязи с другими данными; возможность трансформирования во все существующие модели данных (реляционная, иерархическая, сетевая, объектная) [104].

Далее составлена полная инфологическая модель задачи «ПАЦИЕНТ», которая удовлетворяет модель «сущность-связь» и соответствует следующим правилам: должна отображать полное представление о предметной области; должна включать все необходимые для реализации задачи сущности и их атрибуты; имена сущностей, как и имена атрибутов в пределах одной сущности, должны быть уникальны; однозначная трактовка модели; гибкость модели [20]. Эта модель почти удовлетворяет принципы реляционности. Для приведения ее к реляционной необходимо выполнить нормализацию. Для этого рациональные варианты инфологической схемы БД должны соответствовать третьей нормальной форме, которая предполагает соответствие следующим требованиям: перечень отношений должен быть минимален и соответствовать задачам; выбранный перечень атрибутов должен быть минимален и содержать только те, которые будут использоваться [147].

Результатом следующего этапа является формирование даталогической модели, инвариантной к структуре БД. На первых двух этапах проектирования проводится структуризация информации с целью дальнейшего ее представления в виде структур данных, реализуемых в памяти ЭВМ [20]. В свою очередь, физическая модель определяет структуру хранения данных на физических

носителях. Следует отметить, что большинство современных систем основано на реляционной модели управления БД, в которой все обрабатываемые данные представляются в виде плоских таблиц: в столбцах сосредоточены различные атрибуты объектов, а строки предназначены для сведения описаний всех атрибутов к отдельным экземплярам объектов [86].

При этом, даталогическая и физическая модели непосредственно реализуются в СУБД. Специфика конкретной СУБД может включать ограничения на поддерживаемые типы данных, наименования объектов БД и т.п. Кроме того, специфика конкретной СУБД при физическом проектировании включает выбор решений, связанных с физической средой хранения данных (выбор методов управления дисковой памятью, разделение БД по файлам и устройствам, методов доступа к данным), создание индексов и т.д. [20].

Таким образом, создание специализированной интегрированной информационно-технологической системы предполагает не только развитие общей методологии, но и проработку большого количества специфических вопросов, ключевым среди которых является проектирование БД. В качестве решения этого вопроса предложена модель, которая реализована на основе реляционной БД. Такое решение позволяет автоматически – через набор стандартных функций управления данными – сопоставлять физиологические особенности пациента и рекомендованного рациона питания и меню. Реализованная на основе предложенной модели БД позволяет совершенствовать навыки выявления и предупреждения ее дефектов, связанных с ошибками включения в рацион «не подходящих» продуктов питания.

#### 1.6 Особенности синтеза алгоритмов обработки информации для информационной системы нутрициолога

Сложность в принятии рациональных решений, обеспечивающих адекватность рационов и режимов питания, обуславливается преимущественно вероятностным разбросом характеристик и свойств исходных компонентов

биологического сырья, физиологическими особенностями организма, которые диктуют условия для выбора и коррекции моделей рационов и продуктов питания с учетом структурных соотношений и ограничений на компонентном, элементном и моноструктурном уровнях [82]. В настоящее время средства разработки позволяют значительно упростить процесс подбора продуктов, выполняя за специалиста часть рутинных операций и автоматизируя определенный процесс конструирования рациона питания. Однако, как и раньше, существует ряд задач, решение которых предполагает длительный поиск технической информации, требующие профессионального и нестандартного подхода.

Исходя из наличия ряда ограничений программирования (набор ресурсов, объём памяти, вычислительное время и прочее), основу его составляет алгоритм, который представляет собой конечный набор инструкций, приводящий от начальных данных к необходимому результату. В настоящее время разработано большое количество алгоритмов различной сложности для различных областей, знание, использование и комбинирование которых позволяет решить большинство современных задач программирования. Ключевым аспектом в разработке соответствующего алгоритма является выбор структуры данных. Как и в случае с алгоритмами, их существует множество, которые используются в конкретной области задач. Для одних и тех же данных различные структуры будут занимать неодинаковое дисковое пространство. Одни и те же операции с различными структурами данных создают алгоритмы неодинаковой эффективности. В связи с чем, выбор алгоритмов тесно взаимосвязан с выбором структуры данных [131].

Как было отмечено, поименованная совокупность структурированных данных, относящихся к определенной предметной области, непосредственно является собой БД. Таким образом, создавая БД, пользователю, в первую очередь, необходимо упорядочить информацию за признаками и быстро извлечь выборку с произвольным сочетанием признаков. Сделать это возможно только если данные структурированы. Поскольку правильная структура ИС необходима для выполнения поставленных задач при работе с БД, имеет смысл изучить принципы обработки информации для ИС нутрициолога. Это поможет создать БД,

отвечающую потребностям нутрициолога и позволяющую быстро вносить в нее изменения.

В п. 1.5, обосновано решение об отказе от проектирования БД по функциональному назначению. В разрезе диссертационного исследования более рациональным и эффективным является субъективное проектирование БД (рис. 1.6).

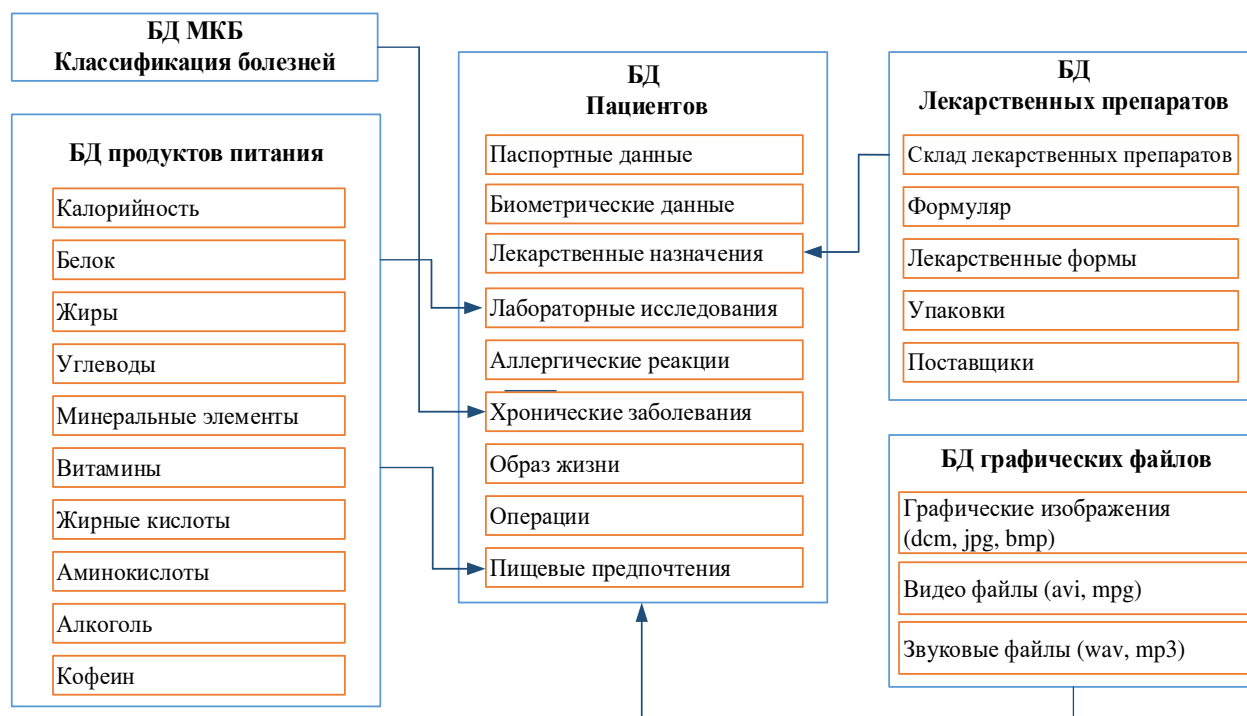
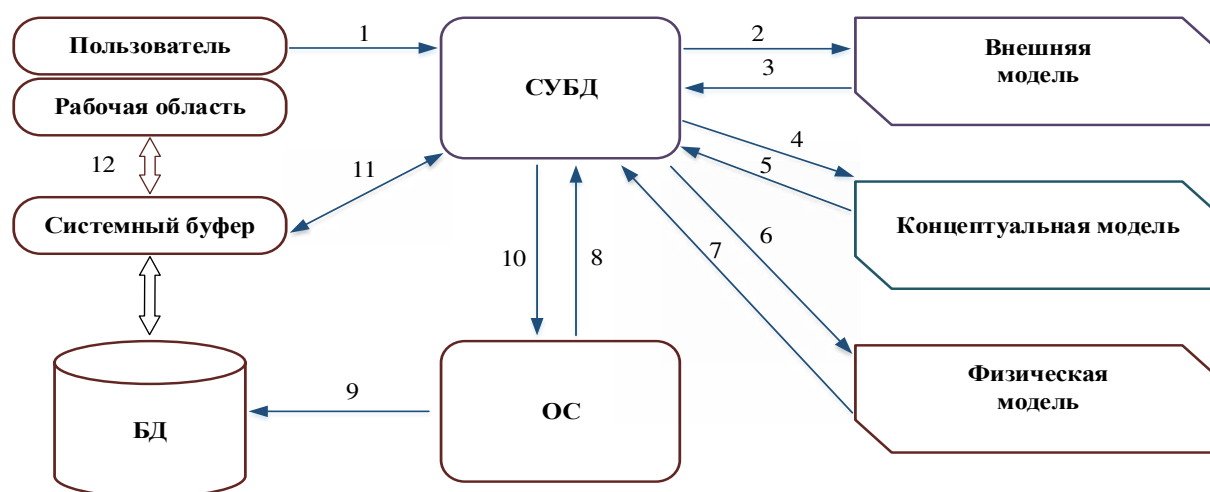


Рисунок 1.6 – Увеличенная схема объектно-реляционной БД ИС нутрициолога

Именно субъективное проектирование структуры БД обеспечит стабильно небольшой объем БД на протяжении почти всего срока ее эксплуатации, позволяет максимизировать производительность работы ИС нутрициолога. Одним из недостатков этой методики является то, что ПО соответствующей ИС должно обязано поддерживать различное количество физических БД, объединенных в одну логическую структуру, в ядре системы [20].

В некоторых случаях ПО для выполнения своих функций необходимо одновременно обрабатывать данные из разных частей БД. В таком случае необходим разработать алгоритмы ИС, которые позволят корректно и эффективно работать с БД текущих документов, состоящих из одной или нескольких частей.

Для системного решения описанной задачи необходимо в текстах программ ИС аннулировать возможность прямого обращения к БД. Вместо этого более рациональным является использование специального промежуточного ПО – сервисы middleware. Предлагаемая схема взаимодействия пользователя, ОС и СУБД в процессе обработки запроса на получение необходимых данных представлена на рис. 1.7. Предлагаемая схема определяет порядок композиции структур данных этой модели.



1. Пользователь направляет запрос к СУБД на получение данных из БД.
2. Анализ прав пользователя и внешней модели данных.
3. В случае запрета на доступ к данным СУБД сообщает пользователю об этом (стрелка 12) и прекращает дальнейший процесс обработки данных. В противном случае СУБД определяет часть концептуальной модели, которая затрагивается запросом пользователя.
4. СУБД получает информацию о запрошенной части концептуальной модели.
5. СУБД запрашивает информацию о местоположении данных на физическом уровне.
6. В СУБД возвращается информация о местоположении данных в терминах ОС.
7. СУБД просит ОС предоставить необходимые данные, используя средства ОС.
8. ОС осуществляет пересылку информации из устройств хранения в системный буфер.
9. ОС оповещает СУБД об окончании пересылки.
10. СУБД выбирает из доставленной информации.
11. Находящиеся в СУБД необходимые пользователю данные пересылаются в системный буфер.
12. Данные выводятся в рабочую область пользователя.

Рисунок 1.7 – Схема прохождения запроса к БД [20].

Таким образом, предложенная композиция структур данных позволит нутрициологу эффективно реализовать свою диагностико-консультативную деятельность. Для автоматизации поиска и систематизации соответствующих данных, необходимо выработать определенные соглашения о способах их

представления. Структуризация данных по каждому пациенту нутрициологом базируется на концепциях «агрегации» и «обобщения».

## Выводы по главе 1

1. Понятия «нутрициология» и «диетология» имеют как общие смысловые черты, так и существенные отличия. Обе науки неразрывно связаны с изучением питания человека, питательных веществ, которые поступают в человеческий организм с пищей и оказывают строительный, пластический, энергетический, гормональный функционал. При этом, область компетенции нутрициологии более обширна. Поскольку она занимается изучением не просто питания, а усвояемости организмом человека питательных веществ из продуктов и блюд.

2. На сегодня происходит интеграция различных сфер жизнедеятельности человека, в том числе и медицины, с IT-технологиями. Этот процесс сталкивается с большим количеством трудностей. Во-первых, не все хотят тратить финансовые средства на внедрение новых систем, обучение персонала. А некоторые остерегаются юридических последствий, которые могут возникнуть в следствии обмена данными между ЛПУ. Пугающим для многих остается вопрос и о конфиденциальности информации. Все эти факторы являются тем рычагом, который сдерживает прогресс.

3. Основной тенденцией в развитии как цифровой медицины, так и цифровой нутрициологии является то, что ключевым участником системы здравоохранения – пациент. Основными факторами, от которых зависит жизнь человека являются скорость и эффективность. В связи с этим, последнее время наблюдается стремительное освоение технологий «третьей платформы» (ИИ и машинное обучение, IoT, дополненная реальность, робототехника и 3d-принтинг и др.).

4. В исследовании аргументировано перечень необходимой информации для разработки индивидуального рациона. В результате проведенного анализа был разработан список необходимых БД, наличие которых позволит разработанному ПО рассчитывать персонализированный рацион питания и меню с учётом особенностей человека, антропометрических данных, состояния здоровья и др.

## ГЛАВА 2 СТРУКТУРНЫЙ СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НУТРИЦИОЛОГА

### 2.1 Выбор подхода (метода) к концептуальному проектированию баз данных информационной системы нутрициолога

В основе создания, автоматизированной ИС лежит понятие жизненного цикла ее ПО (рис. 1.5). Основным нормативным документом в РФ, регламентирующим жизненный цикл ПО, является ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-99 [52], который дублирует основные положения международного стандарта ISO/IEC 12207. Следует отметить тот факт, что регламентированные им положения вполне приемлемы для применения и к информационному обеспечению. Традиционно разработчики документации на АС при создании и обеспечении защиты информации этих систем применяли ГОСТы 34-й серии. С 2022 года произошло обновление стандартов в рамках новой серии национальных и межгосударственных стандартов на АС.

Методология, технология и инструментальные средства проектирования формируют ядро проекта любой ИС. Методология проектирования ИС предполагает организацию процесса построения ИС и обеспечение управления этим процессом с целью гарантирования выполнения требований как к системе, так и к характеристикам процесса ее разработки [78].

Таким образом, методология проектирования ИС описывает процесс проектирования и сопровождения систем в виде жизненного цикла ИС (определённой последовательности стадий и выполняемых на них процессов). Для каждого этапа определяются перечень и последовательность выполняемых работ, получаемые результаты, методы и средства, необходимые для выполнения работ, роли и ответственность участников и т.д. В свою очередь, методология реализуется через конкретные технологии и поддерживающие их стандарты, методики и инструментальные средства, которые обеспечивают выполнение процессов жизненного цикла ИС [91].



При этом, технология проектирования, разработки и сопровождения ИС должна соответствовать следующим требованиям:

- поддерживать полный жизненный цикл ИС;
- обеспечивать гарантированное достижение целей разработки системы с заданным качеством и в установленное время;
- обеспечивать возможность декомпозиции проекта на составные части с последующей интеграцией составных частей;
- обеспечивать минимальное время получения работоспособной системы;
- предусматривать возможность управления конфигурацией проекта,
- обеспечить автоматический выпуск проектной документации и синхронизацию ее версий с версиями проекта;
- обеспечивать независимость выполняемых проектных решений от средств реализации системы [78].

Всю совокупность методов моделирования систем можно разделить на две большие группы: структурные и объектно-ориентированные. Основное отличие функционального подхода от объектного заключается в четком отделении функций (методов обработки данных) от самих данных. При этом, функциональный метод предполагает, что помимо функциональной декомпозиции существует определенная структура данных, находящаяся на втором плане. Кроме того, в отличие от объективной в функциональной методике не ясны условия выполнения процессов обработки информации, которые могут динамически изменяться.

Согласно проведенному сравнительному анализу, результаты которого представлены в табл. А.1, в качестве основного подхода к моделированию ИС выбран структурный подход. На сегодня структурный подход достаточно часто используется на практике. Это объясняется тем, что авторы языка UML заимствовали то рациональное, что можно было взять из структурного подхода: элементы функциональной декомпозиции в диаграммах вариантов использования, диаграммах состояний, диаграммах деятельности и др. Очевидным является то, что в определенном проекте сложной системы невозможно обойтись только одним способом декомпозиции [93].

Сущность структурного подхода к разработке ИС заключается в ее декомпозиции на автоматизируемые функции: система разбивается на функциональные подсистемы, которые в свою очередь делятся на подфункции, подразделяемые на задачи и так далее. Процесс разбиения продолжается вплоть до конкретных процедур. При этом автоматизируемая система сохраняет целостное представление, в котором все составляющие компоненты взаимосвязаны [139].

Таким образом, при таком подходе моделирование ИС осуществляется от процессов к данным. В первую очередь производится функциональная декомпозиция, а затем разрабатывается структура данных. В свою очередь, не менее важной идеей, которой необходимо придерживаться в процессе использования структурного метода, является идея иерархии. Так, для понимания сложной системы недостаточно разбиения ее на части, необходимо также все эти части организовать определенным образом (иерархическая структура).

Структурный метод реализует функциональную декомпозицию, описывающую структуру системы в терминах иерархии ее функций и передачи информации между отдельными функциональными элементами.

Таким образом, проектирование ИС представляет собой процесс разработки описания, представленного в проектной документации, системы автоматизированного управления, отвечающей требованиям функциональности, экономической целесообразности, надежности, безопасности, всесторонней совокупностью технико-экономических показателей. При этом внедрение методологии обеспечит снижение уровня сложности процесса создания ИС благодаря полному и точному описанию этого процесса, применению современных методов и технологий проектирования ИС на всем ее жизненном цикле.

На сегодня существует два базовых подхода к проектированию сложных организационно-технических систем. В результате проведенного сравнительного анализа методов и предметной области исследования, в качестве метода проектирования БД ИС нутрициолога выбрано структурный. Это решение объясняется перечнем основных достоинств функционального подхода, основными из которых являются простота и наглядность.

## 2.2 Обоснование методологического подхода к построению функциональной модели организации деятельности нутрициолога

Комплексную поддержку разработки сложных ИС либо отдельных стадий их жизненного цикла (специфицирование, проектирование, реализацию, тестирование, сопровождение и развитие) обеспечивают CASE-технологии с помощью предназначенных для этих целей CASE-средств. Эти технологии основываются на определенных методологиях проектирования ИС, которые предполагают использование определенного набора конкретных инструментальных средств, позволяющих в наглядной форме моделировать предметную область, анализировать эту модель на всех этапах разработки и сопровождения систем и разрабатывать приложения в соответствии с потребностями пользователей [46].

Основная задача, которую необходимо решить при разработке любой системы, является задача выбора инструмента проектирования, который соответствовал бы всем требованиям проектировщиков и позволял грамотно и эффективно решать поставленные задачи. Так, на сегодняшний день рынок программных средств насчитывает около 300 видов различных CASE-средств, большинство из которых так или иначе используются практически всеми ведущими западными и российскими фирмами [96].

Одними из определяющих факторов при выборе тех или иных инструментальных средств являются методологии и методы проектирования, на которых базируются соответствующие CASE-средства.

В свою очередь, всю совокупность методов моделирования систем можно разделить на две большие группы: структурные и объектно-ориентированные. Согласно проведенному анализу (п. 2.1) в качестве основного подхода к моделированию ИС был выбран структурный подход. В связи с чем, детально рассмотрим методологию именно этого подхода. Структурные методологии основываются на декомпозиции моделируемой системы на автоматизируемые функции. При этом, система сохраняет целостное представление, в котором все ее

компоненты взаимосвязаны [25]. Сравнительный анализ наиболее известных структурных методологий представлен в табл. 2.1.

Как показывает анализ методик, практически во всех методах структурного системного анализа используются три группы средств моделирования:

- диаграммы, иллюстрирующие функции, которые должна выполнять ИС, и связи между ними (DFD или SADT (IDEF0));
- диаграммы, моделирующие данные и связи между ними (ERD);
- диаграммы, моделирующие поведение системы в целом (STD) [65, 154].

Таким образом, основное различие между методологиями структурного анализа заключается в методах и средствах функционального моделирования. В этом аспекте все перечисленные выше методологии можно разделить на две группы: те, которые используют технологию DFD в различных нотациях, и те, которые используют SADT-методологию. Таким образом, рассмотренные разновидности структурного анализа в общем представляют собой два приблизительно одинаковых по мощности языка для передачи понимания. Одним из основных критериев выбора является специфика предметной области процесса моделирования ИС.

Поскольку комплекс услуг, связанных со здоровьем человека, регламентирован нормативными и инструктивными документами, в этом исследовании целесообразно применение методологии SADT для построения функциональной модели, поскольку она используется там, где есть четкие должностные инструкции и методики, которые регламентируют деятельность специалистов.

Следует отметить, что на основе функциональной составляющей SADT разработана методология IDEF0. Это технология описания системы в целом как множества взаимосвязанных действий или функций. IDEF0-функции системы исследуют независимо от объектов, обеспечивающих их выполнение [90].

Таблица 2.1 – Сравнительный анализ популярных структурных методологий [19, 1, 9, 74, 146]

Характеристики	Название методологии					
	SA/SD	JSD	CDM	DATARUN	Гейна-Сарсона	SADT
Нотация	Йордана-Де Марко	Джексона	Йордана-Де Марко и Гейна-Сарсона	Гейна-Сарсона и Йордана-де Марко	Нотации построения DFD	IDEF0
Предметная область	Функции	Данные	Данные	Данные	Функции	Функции и данные
Технология	Применение словарей данных формализованной структуры, которыми маркируются потоки и хранилища функциональной модели.	Реализация системы основана на преобразовании спецификации в эффективный набор процессов.	Предполагает наличие фаз, внутри которых решаются основные задачи: определение, моделирование требований, дизайн и построение, передача в работу.	Основывается на принципе «первичности» данных, которые организованные в модель данных, для проектирования архитектуры ИС.	Функциональная декомпозиция производится до тех пор, пока процессы не станут элементарными и их декомпозиция невозможна.	Моделирование как в виде активностных моделей, так и моделей данных.
Функциональное предназначение	Формальное описание спецификации программных систем.	Анализ требований и проектирование систем с временным фактором.	Разработка ИС, основывающихся на реляционных БД.	Разработка ИС как модели данных, источником которых являются первичные данные о ключевых процессах организации.	Разработка ИС, описывающих асинхронный процесс преобразования информации.	Описание искусственных систем с огромным количеством компонентов.
Диаграммы	Переходов состояний, «сущность-связь»	Структур сущностей, описания системы, реализации системы	Базы данных	Потоков данных, «сущность-связь»	«Сущность-связь»	Контекстная, декомпозиции, дерева узлов, для экспозиции
Размерность	–	–	–	+	–	–

В нотации IDEF0 описание модели предполагает объединение и организацию диаграммы декомпозиции в иерархические древовидные структуры [152]. При этом, чем выше уровень диаграммы, тем менее она детализирована. Диаграмма состоит из блоков, изображающих выполнение функции моделируемой системы, и стрелок, связывающих блоки и изображающих взаимодействия и взаимосвязи между ними (рис. 2.1).

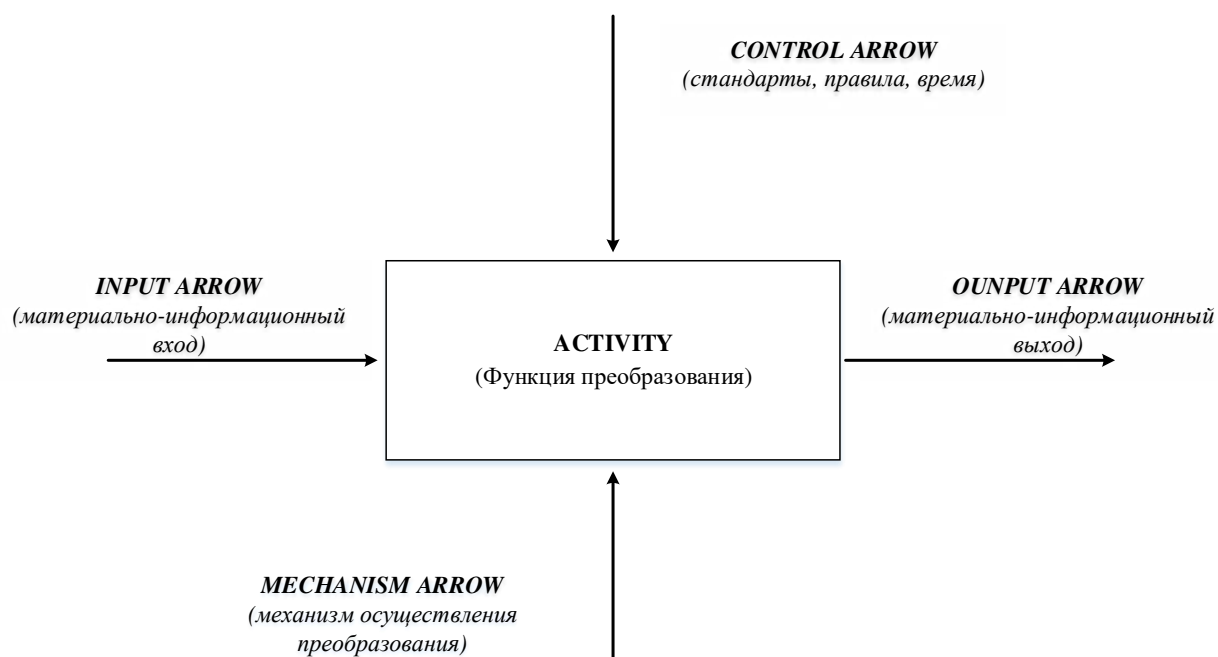


Рисунок 2.1 – Схема блока функциональной модели

В этом исследовании в нотации IDEF0 построена функциональная модель организации деятельности нутрициолога при проведении консультации и разработке, соответствующих рекомендаций.

Для моделирования потоков данных применена методология Гейна-Сарсона (DFD), являющаяся основой для моделирования материально-информационных систем. Основным элементом нотации DFD является «хранилище (накопитель) данных» (устройство для хранения информации), куда можно поместить информацию, а потом через некоторое время извлечь.

При создании диаграммы потоков данных используются четыре основных понятия:

- поток данных: на диаграммах изображается именованными стрелками, ориентация которых указывает направление движения информации;
- процесс преобразования входных потоков данных в выходные;
- хранилище (накопитель) данных: позволяет на определенных участках определять данные, которые будут сохраняться вне процессов;
- внешняя сущность – материальный объект вне контекста системы, являющейся источником или приемником системных данных [156].

При построении функциональной модели для описания логики взаимодействия информационных потоков в исследовании использована методология IDEF3 (Process Description Capture Method), которая моделирует предшествование и причинность отношений между ситуациями и событиями, обеспечивая структурный метод для выражения того, как система работает [53]. Эта отличительная черта IDEF3-методологии от других методологий предполагает использование при моделировании нового понятия – «перекресток» (табл. 2.2), позволяющего описать логику взаимодействия процессов между компонентами системы. Методология IDEF3 не предполагает какой-либо регламентации функционального назначения стрелок (связей), кроме как «вход» и «выход».

Таблица 2.2 – Типы перекрестков, предусмотренных методология IDEF3

Название перекрестка	Графическое обозначение	Тип соединения	Вид действия	Правила инициации
Исключающий	X	или	Fan-out	Одновременное начало действий невозможно
			Fan-in	Одновременное окончание действий невозможно
Объединяющий	&	и	Fan-out	Все действия начнутся одновременно
			Fan-in	Все действия закончатся одновременно
Альтернативный	0	или	Fan-out	Возможное одновременное начало нескольких действий
			Fan-in	Возможное одновременное окончание нескольких действий

Последним отличием стандарта IDEF3 от многих других методологий является использование на схеме системы такого элемента как «объект ссылки»,

который связывается с блоками и перекрестками. С помощью этих объектов показывается прочая важная информация, которую целесообразно зафиксировать при описании системы.

В нашем исследовании нотация IDEF3 применялась для декомпозиции функции модели «Проведение консультации и дальнейшее сопровождение пациента нутрициологом», которая представлена на рис. 2.2.

Таким образом, анализ методологий и методов проектирования способствовал адекватному предметной области выбору рационального набора моделей из множества методов, необходимых для анализа и проектирования ИС конкретной предметной области. В результате проведенного исследования обосновано целесообразность использования методологии SADT для построения функциональной модели. Связано это преимущественно благодаря регламентированности нормативными и инструктивными документами услуг, связанных со здоровьем человека. В результате была спроектированная функциональная модель «проведение консультации нутрициологом и предоставление соответствующих рекомендаций». Для декомпозиции функции модели «проведение консультации нутрициологом и предоставление соответствующих рекомендаций» применялась нотация IDEF3. Все это в дальнейшем способствовало разработке ПО для ИС нутрициолога.



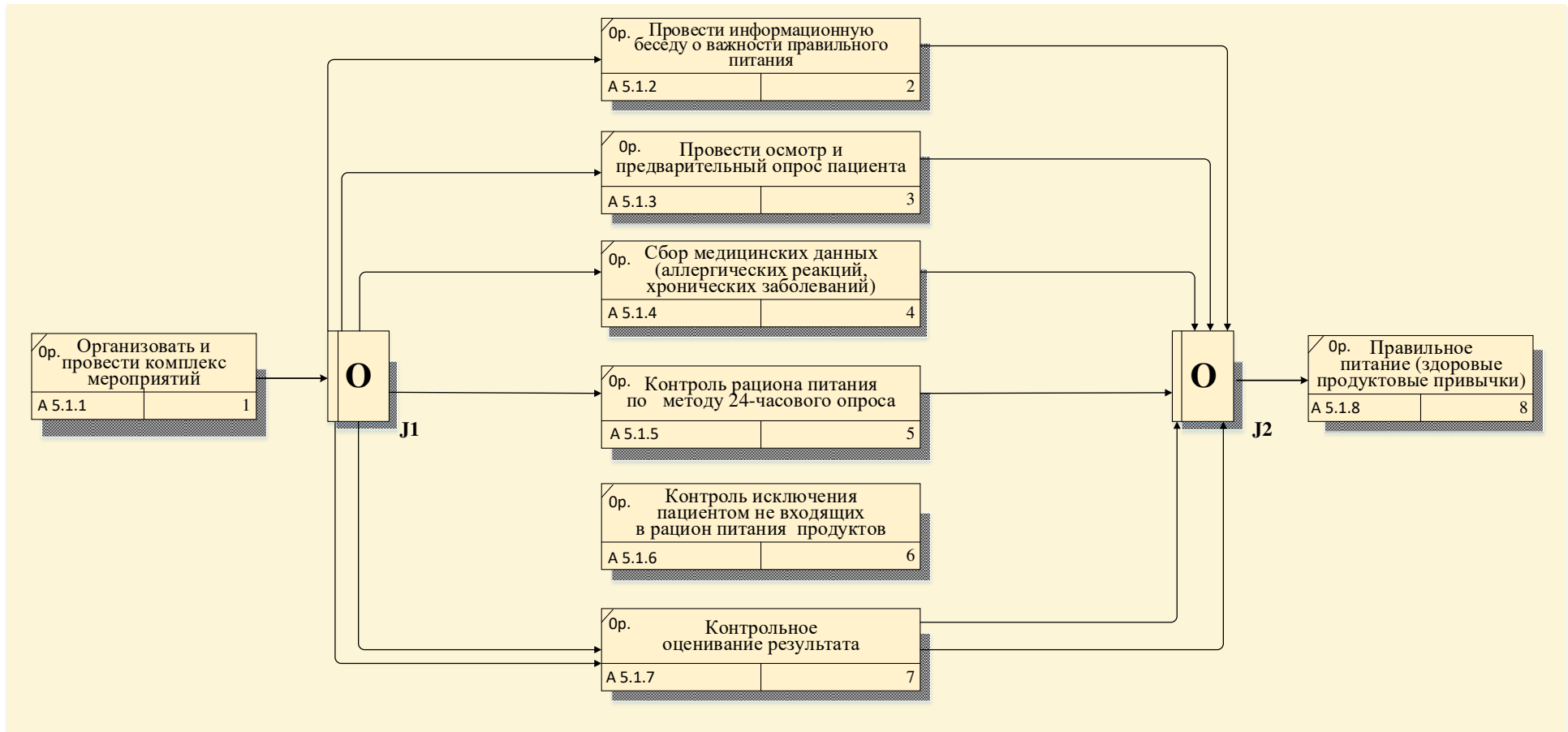


Рисунок 2.2 – Проведение консультации и дальнейшее сопровождение пациента нутрициологом (IDEF3).

### 2.3 Выбор инструментария для поддержки метода структурного анализа и проектирования функциональной модели организации деятельности нутрициолога

Наиболее трудоемкими этапами разработки ИС являются этапы анализа и проектирования. Именно создание всей необходимой проектной документации вручную является особенно сложной задачей, а ее редактирование влечёт за собой большие трудности и ряд проблем: неспособность обнаруживать ошибки в проектных решениях, низкое качество документации и снижения качества ее эксплуатации, затяжной цикл и неудовлетворительные результаты тестирования. Существенную помощь в решении указанных проблем обеспечивают CASE-средства. Непосредственно они обеспечивают достаточно высокое качество принимаемых технических решений и подготовку проектной документации [22]. Большинство современных CASE-средства имеют возможность для моделирования практически любой предметной области благодаря свойственным им характеристикам, которые являются ключевыми с точки зрения моделирования и оптимизации процессов: графический интерфейс; репозиторий; гибкость применения; возможность коллективной работы; построение прототипов; построение отчетов [4].

Выбор CASE-средств для анализа и моделирования процессов зависит от множества факторов: финансовых возможностей, функциональных характеристик, подготовки персонала, используемых информационно-технических средств и пр. Алгоритм оценивания и выбора одного из CASE-средств для анализа и моделирования процессов представлено на рис. 2.3, согласно которому они могут выполняться как независимо друг от друга, так и совместно. Входной информацией для оценивания является результаты предыдущего этапа.

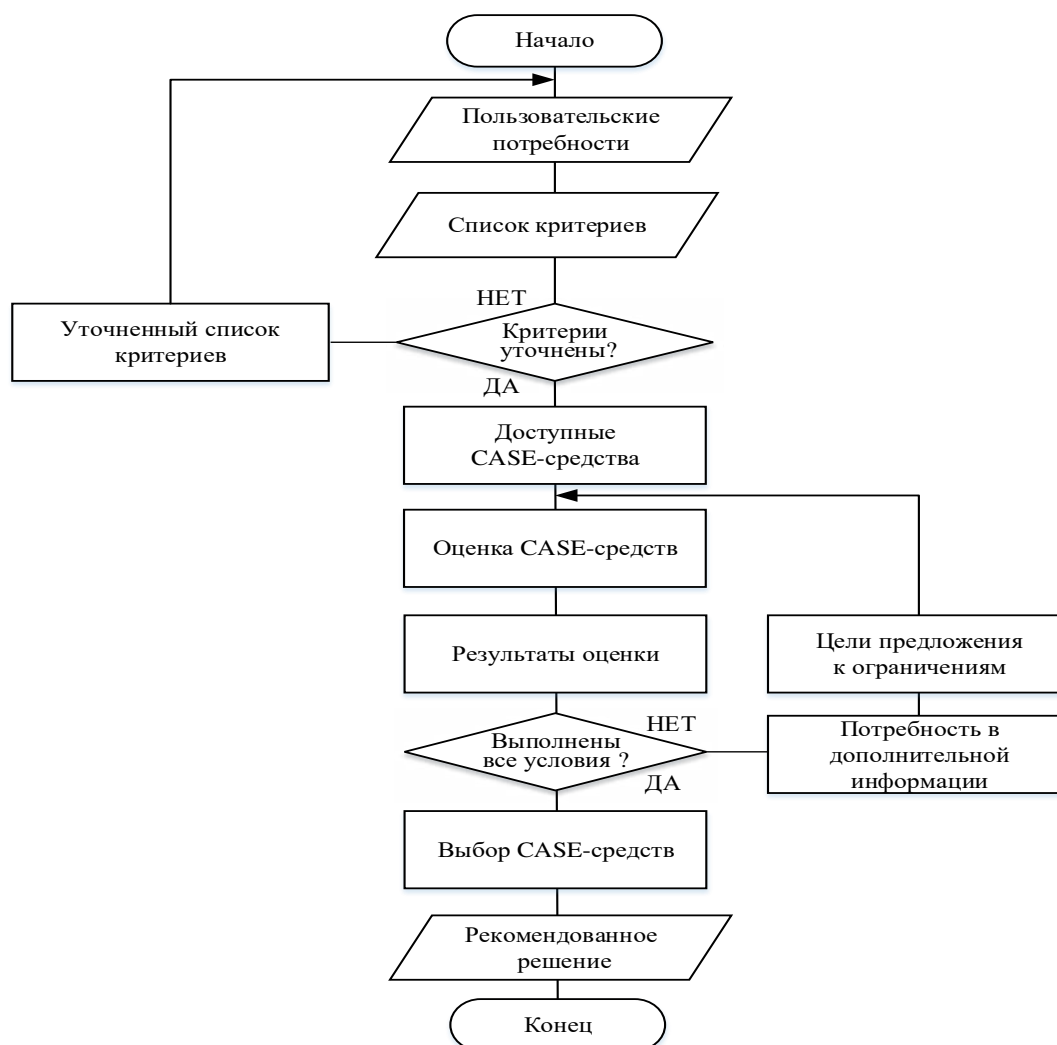


Рисунок 2.3 – Алгоритм оценивания и выбора CASE-средств для анализа и моделирования процессов

Процесс оценивания и/или выбора начинается после определения «пользовательские требования» и представления их в виде количественных и качественных требований в заданной предметной области. При этом, каждый из этих процессов (оценивания и выбор) требует применения определенных критериев.

Существует определенный набор «базовых» факторов, на основании которых определяются критерии по выбору CASE-средств. Обобщенная структура набора критериев выбора CASE-средств для анализа и моделирования процессов приведена на рис. 2.4. Каждый из названных критериев должен быть выбран и адаптирован экспертом с учетом особенностей моделируемого процесса. При этом,

не исключается возможность расширения списка критериев за счет дополнительных показателей.



Рисунок 2.4 – Структура набора критериев выбора CASE-средств для анализа и моделирования процессов [138]

На сегодняшний день, наибольшей популярностью пользуются средства проектирования, сравнительная характеристика которых представлена в табл. Б.1. Таким образом, наиболее широкий и комплексный набор функциональных характеристик характерен для систем ERwin, BPwin и LanDocs. Если рассматривать средства проектирования с точки зрения возможности адаптировать систему под потребности конкретной организации доступными средствами без привлечения разработчика и дополнительных расходов, то лидерами являются системы ERwin и BPwin.

При этом CASE-средство системного анализа «BPWin» поддерживает методологии IDEF0; DFD; IDEF3, а информационного проектирования «ERWin» – разные варианты методологии ERD (IDEF1X (Integration Definition for Information

Modeling)). В свою очередь, BPWin способен импортировать фрагменты информационной модели из CASE-средства проектирования БД ERWin, трансформируя сущности и атрибуты информационной модели в соответствии стрелкам IDEF0-диаграммы [154]. В связи с чем, в аспекте проводимого исследования и согласно представленному выше перечню «базовых» факторов, на основании которых определяются критерии по выбору CASE средств в качестве основного структурного средства проектирования с соответствующими моделями (диаграммами) выбрано AllFusion Process Modeler 4.1 (BPWin 4.1). Использование данного CASE-средства обеспечит функциональное моделирование сразу в нескольких нотациях: IDEF0 (функциональное моделирование), DFD (моделирование потоков данных) и IDEF3 (моделирование потоков работ). Эти три основных ракурса позволяют комплексно описывать предметную область [134].

Использование пакета прикладных программ BPWin 4.1 для поддержки функционального моделирования делает этот процесс высокоэффективным за счёт ряда преимуществ:

- мультиметодическая поддержка моделирования, обеспечивающая многостороннее описание моделируемой системы: поддержка не только технологии моделирования потоков данных DFD, но и совместного использования нотаций моделирования технологических процессов (IDEF0) и потоков работ (IDEF3);

- автоматизация соблюдения методических ограничений: запрет образования методически неразрешённых связей IDEF0, запрет повторения имён функций (Activity Name), разрешение разветвления и слияния стрелок в диаграммах IDEF3 только через перекрёстки, запрет на использование перекрёстков в качестве перекрёстка слияния и перекрёстка разветвления одновременно, индикация граничных стрелок, введённых в диаграммах промежуточных уровней иерархии и ошибочно не повторённых на диаграммах иерархически выше и ниже; и т.д.);

- автоматизация проверки корректности построения модели (Model Consistency Report – отчёт о состоянии модели);

- возможность функционально-стоимостного анализа (Activity Based Costing – ABC)) [103];
- настраиваемый графический интерфейс: легко воспринимается, позволяет выполнять настройки под пользователя;
- представление дополнительной информации за счет применения UDP свойств (настраиваемые пользователем свойства);
- автоматическое отслеживание связей в диаграммах, сохраняющее их целостность при внесении изменений в модель;
- встроенный генератор отчетов [3];
- возможность обмена информацией как внутримодельно, так и с внешними получателями и источниками информации [103];
- широкие возможности интеграции с другими программными продуктами моделирования, проектирования и реализации сложных ИС и технологий в сочетании с простотой освоения и относительно невысокой стоимостью;
- поддержка механизма визуализации и оптимизации сложных технологических процессов с помощью диаграмм Swim Lane [89];
- интеграция с ModelMart, поддерживающим мощный набор инструментальных программных средств, обеспечивающих совместное (групповое) проектирование и разработку ИС [122].

Игнорирование одного из указанных выше аспектов может привести к негативным последствиям процесса внедрения разрабатываемой ИС нутрициолога.

Таким образом, в работе проведен сравнительный анализ современных CASE-средств и обоснована рациональность использования в качестве основного структурного средства проектирования с соответствующими моделями (диаграммами) системы BPWin. Рассматриваются особенности проектирования современных ИС с применением CASE-средств BPWin 4.1.

## 2.4 Определение системных требований, предъявляемых к создаваемой функциональной модели сбора и обработки информации для информационной системы нутрициолога

Как говорилось в п. 1.6, информационно-логическая модель ориентируется на человека и не зависит от типа СУБД. Эта модель определяет перечень информационных объектов, их атрибутов и отношений между ними, динамику изменений предметной области, а также характер информационных потребностей пользователей. Цель информационно-логического моделирования заключается в обеспечении наиболее естественных для человека способов сбора и представления той информации, которую предполагается хранить в создаваемой БД [61].

В свою очередь, технология проведения консультации и разработки рекомендаций по рациону питания нутрициологом представляет собой совокупность взаимодействующих компонент системы и связей между ними. Изучение деятельности проведения консультации и разработки рекомендаций по рациону питания нутрициологом проводилось с использованием основных методов: анализа нормативно-справочной документации и интервьюирования экспертов-специалистов предметной области. Тут следует отметить тот факт, что должность «Нутрициолог» не указана в приказе от 02.05.2023 г. № 205н «Об утверждении номенклатуры должностей медицинских работников и фармацевтических работников». В свою очередь, несмотря на это, нутрициолог обязан в своей деятельности руководствоваться нормативно-правовыми актами, которые регламентируют организацию лечебного питания.

Анализ нормативных, инструктивных и методических документов по организации деятельности проведения консультации и разработки рекомендаций по рациону питания (Приложение Д) позволил выяснить перечень основных вопросов, решение которых необходимо для построения функциональной модели:

- определить целевые задачи (функции), выполняемые нутрициологом;

– изучить организацию деятельности нутрициолога и специалистов ЛПУ при разработке рекомендаций по рациону питания, их функциональное взаимодействие;

– проанализировать распределение функций между нутрициологом и специалистами ЛПУ РФ в зависимости от заболеваний пациента;

– проанализировать состояние материально-технической базы, в том числе обеспеченность средствами автоматизации.

Моделирование определенных процессов заключалось в построении функциональной модели предметной области, базовый вариант которой в дальнейшем дорабатывался с учетом коллективного мнения специалистов-экспертов предметной области.

Для проведения экспертизы необходимо отобрать экспертов, оценки которых будут обладать максимальной объективностью. В группу вошли 7 экспертов (практикующие нутрициологи, специалисты-диетологи и специалисты ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи»). Сформированная экспертная группа характеризовалась показателями качества, определенными по методике Г. П. Шибанова: компетентность, осведомленность, значимость и аргументация [24].

Необходимо отметить, что характеристики группы экспертов определяются на основе индивидуальных их характеристик, в первую очередь, компетентности. В результате анализа научной литературы [127, 24] и различных критериев оценки был предложен алгоритм расчета компетентности экспертов (рис. 2.5).

Представленный алгоритм позволяет комплексно и разнопланово оценить компетентность эксперта. Однако он не рассматривает методы, используемые для вычисления коэффициентов компетентности экспертов и их последующего сопоставления.

Компетентность эксперта определяется структурой и весомостью аргументов (коэффициентом аргументированности ( $K_{arg}$ )), послуживших ему основанием для ответа на поставленные вопросы, уровнем его осведомленности в рассматриваемой области знаний и уровнем знакомства с обсуждаемой проблемой [33].





Рисунок 2.5 – Определение компетентности экспертов [85]

Анкета определения количественной оценки степени влияния на мнение экспертов источников аргументации представлена в табл. 2.3.

Таблица 2.3 – Анкета определения количественной оценки степени влияния на мнение экспертов источников аргументации

Фактор	Вес фактора		
	до 1 года	от 1 до 5 лет	свыше 5 лет
<b>Ф.1</b> Опыт работы в сфере проведения экспертизы, лет	0,1	0,2	0,3
<b>Ф.2</b> Количество публикаций в сфере проведения экспертизы за последние 5 лет	отсутствует	от 1 до 10	свыше 10
	0,2	0,4	0,5
<b>Ф.3</b> Успешность выполнения тестового задания, %	от 0 до 33	от 33 до 66	от 66 до 100
	0,03	0,04	0,05
<b>Ф.4</b> Соответствие образования сфере проведения экспертизы	Не соотв., но есть соотв. курсы повышения квалификации	В/о соотв., но нет курсов повышения квалификации	В/о соотв., а также есть курсы повышения квалификации
	0,03	0,04	0,05
<b>Ф.5</b> Оценка эксперта рабочей группой по 4-балльной шкале	Средняя оценка от 1 до 2	Средняя оценка от 2 до 3	Средняя оценка от 3 до 4
	0,06	0,08	0,1

Коэффициент степени знакомства ( $K_3$ ) учитывает степень знакомства эксперта с рассматриваемой проблемой и равен нормированному (умноженному на 0,1) значению соответствующей оценки, указанной экспертом [33]. Степень осведомленности эксперта в обсуждаемых вопросах учитывает коэффициент

осведомленности ( $K_{осв}$ ). Он соответствует формализованным сведениям об осведомленности эксперта по каждому из обсуждаемых вопросов (табл. В.1).

Коэффициент компетентности эксперта определяется как среднее арифметическое коэффициентов аргументации, осведомленности и знакомства с исследуемой проблемой. Результаты расчета коэффициента компетентности экспертов представлены в табл. 2.4. Так как коэффициент компетентности эксперта № 5  $K_{комп} < 0,7$ , то к дальнейшему обсуждению проблемы эксперт не привлекается. Мнение всех остальных экспертов является для нас достаточно компетентным.

Таблица 2.4 – Числовые оценки коэффициента компетентности экспертов

Эксперт	$K_{арг}$	$K_z$	$K_{осв}$	$K_{комп}$
1	0,9	0,9	0,67	0,82
2	0,87	0,8	0,54	0,74
3	0,88	0,8	0,53	0,74
4	0,98	1	0,93	0,97
5	0,44	0,6	0,21	0,42
6	0,88	0,8	0,53	0,74
7	0,88	0,8	0,54	0,74

Таким образом, в разрезе исследования в качестве технологии определения качества сбора информации выбран метод экспертного оценивания. С целью повысить объективность оценок целесообразно учитывать мнения нескольких экспертов. В случае некомпетентности эксперта в сфере проведения экспертизы, его экспертная оценка не представляет никакой ценности. В связи с чем, при выборе экспертов важно определить их компетентность для проведения экспертизы. В нашем исследовании экспертная группа характеризовалась показателями качества, определенными по методике Г. П. Шибанова. В результате проведенного анализа, было показано, что компетентность 6 из 7 экспертов для нас является приемлемой и важной для эффективного моделирования предметной области.

## 2.5 Моделирование технологии поддержки принятия решений нутрициологом

В своей практической деятельности нутрициолог сталкивается с большим объёмом информации и большим количеством задач, требующих быстрого и точного реагирования. При этом, важно обеспечить точность, целесообразность, своевременность и безопасность диагностических мероприятий: вовремя обнаружить отклонения от нормы и назначить корректные рекомендации. Помощником специалиста при решении клинических задач может стать ИИ, реализованный в СППВР [135].

Несмотря на технологический прогресс вычислительной техники, методов машинного обучения и ИИ, широкое практическое применение СППВР в медицине все еще не достигнуто [84]. При этом, актуальность решения данной проблемы с каждым годом все растет. Описанная ситуация вызвана не только определенным отставанием России в ИТ, которое объективно наблюдается, но и объективным существованием концептуальных барьеров, которые требуется преодолеть (рис. 2.6).

Несмотря на существующие проблемы внедрения СППВР нутрициолога, она должна осуществлять интеллектуальный анализ МД с использованием математических методов машинного обучения. Интеллектуальный анализ МД в таких системах позволяет получать диагностическую информацию о причинах отклонения от нормы показателей, характеризующих здоровье пациента. В состав СППВР входят три главных компонента: БД, база моделей и программная подсистема, которая состоит из систем управления БД, базой моделей и интерфейсом между пользователем и компьютером [128].



Рисунок 2.6 – Предпосылки, концептуальные барьеры и пути преодоления этих барьеров в создании систем поддержки принятия клинических решений

Согласно принципам структурного системного анализа, процесс моделирования системы начинается с определения контекста (абстрактное описание системы в целом). На этом этапе определяются цели, субъекты моделирования и их точки зрения на модель:

- формулирование цели модели: описание технологии проведения консультации нутрициологом для оптимизации процесса сбора и обработки информации;

- определение субъекта моделирования: на выбранной системе моделирования SADT (пункт 2.3) устанавливается субъект моделирования, точно описывая то, что входит в систему, и подразумевая то, что лежит за ее пределами. При формулировании области моделирования необходимо учитывать два компонента – широту (определение границ модели) – в нашем исследовании: организация деятельности нутрициолога при проведении консультации и

разработки рекомендаций по питанию, и глубину (уровень детализации, на котором модель является завершённой – т.е. раскрыта цель модели) [57];

– выбор точки зрения: в исследовании в качестве точки зрения принято позицию специалистов по гигиене питания, поскольку именно они отвечают за профилактику АЗЗ, которые могут возникнуть при несоблюдении принципов рационального питания, и осуществляют контроль их выполнения в соответствии с нормативно-правовыми актами РФ (Приложение Г).

После того, как определены субъект, цель и «точка зрения» модели, начинается первая интеграция процесса моделирования по методологии SADT. Функциональная модель технологии проведения консультации и разработка рекомендаций по питанию нутрициологом представлена в Приложении Д, рис. 2.3; отчет о стрелках, указанных в модели, – в Приложении Д. Иерархическая структура диаграмм разработанной функциональной модели проведения консультации нутрициологом представлена на рис. Е.1 и в табл. Ж.1, где диаграмма верхнего уровня является наиболее общей, детализируемой диаграммами нижних уровней.

Процесс моделирования начинается с построения контекстной диаграммы в IDEF0 (рис. Д.1), которая отображает проведение консультации и разработки соответствующих рекомендаций нутрициологом в целом, без подробностей и обозначает границы моделирования относительно цели моделирования, возможностей и точки зрения на модель.

После описания контекста проводится функциональная декомпозиция системы. Диаграмма декомпозиции верхнего уровня (рис. Д.2) состоит из пяти основных функциональных блоков. Остановимся на кратком описании задач, которые решаются на уровне каждого из них.

1. Мероприятия в отношении пациента (рис. Д.3): на этом этапе рассматривается деятельность нутрициолога после получения информации о состоянии здоровья пациента. После сбора информации о пациенте, по результатам опроса и осмотра устанавливаются предварительные диагнозы, направляются к определенному специалисту ЛПУ, и на основании нормативно-методических и инструктивных документов разрабатываются диагностические мероприятия.

Составляется рекомендации для лабораторных исследований с целью комплексной оценки состояния здоровья пациента. После подтверждения предварительного диагноза пациент получает рекомендации по рациону питания и образу жизнедеятельности или направляется к соответствующему медицинскому специалисту.

2. Проведение опроса и обследования нутрициологом (рис. Д.4): после установления предварительного диагноза на основании нормативно-методических документов специалистов ЛПУ проводится диагностические мероприятия по отношению пациента, которое включает: анализ результатов опроса и обследования пациента; осмотр и диагностику состояния здоровья пациента. На основании названных мероприятий нутрициолог может рекомендовать перечень лабораторных исследований для более точной диагностики состояния здоровья пациента. Показатели лабораторных исследований и результаты опроса и осмотра пациента являются исходной информацией для установления причин, условий возникновения отклонений от нормы основных показателей или развития АЗЗ.

3. Проведение консультации пациентов с АЗЗ (рис. Д.5): используя показатели заболеваемости и опираясь на методы медицинского анализа, анамнез специалистов ЛПУ и результаты медицинских лабораторий проводится комплексный анализ степени развития заболеваемости у пациента. После сопоставления показателей заболеваемости с результатами ретроспективного анализа устанавливается направленности динамики развития болезни (позитивная или негативная). Результаты такого комплексного анализа являются составляющей входной информации для установления причин, условий возникновения и развития заболеваемости у пациента.

4. Установление причин, условий возникновения отклонений показателей здоровья от нормы (рис. Д.6): эта функция декомпозирована в соответствии с инструктивно-методическими документами, которыми руководствуются специалисты ЛПУ при разработке гипотез после сбора объективных и субъективных данных, характеризующих развитие заболеваемости, а также анализа влияния на развитие заболеваемости диетологами.

5. Проведение консультации и дальнейшее сопровождение пациента нутрициологом (рис. 2.2): исходной информацией для деятельности нутрициолога являются результаты обследования специалистами ЛПУ и медицинских лабораторий. Проведение консультации нутрициологом и предоставление соответствующих рекомендаций требует проведения комплекса мероприятий, медицинского характера. После проведения консультации и дальнейшего сопровождения нутрициологом у пациента формируются здоровые пищевые привычки.

Анализ представленных на диаграмме А0 (рис. Д.2) блоков показал, что блок «Мероприятия в отношении пациента» слабо формализован и требует более тщательной и глубокой проработки, поскольку тактика этих мероприятий в значительной мере определяется индивидуальными особенностями пациента. Автоматизация для блоков «Проведение опроса и обследования нутрициологом», «Проведение консультации пациентов с алиментарно-зависимыми заболеваниями» и «Проведение консультации и дальнейшее сопровождение пациента нутрициологом» были решены или частично решены в ходе создания комплекса программно-технических средств для рабочего места специалистов по гигиене питания. Автоматизация процессов сбора и обработки информации для блока «Установление причин, условий возникновения отклонений показателей здоровья от нормы» в настоящее время не осуществлена, хотя потребности практики требуют решения этого вопроса, о чем свидетельствуют мнения специалистов ЛПУ.

Разработанная функциональная модель позволяет:

- формализовать технологию мероприятий по проведению консультации и разработки рекомендаций по рациону питания нутрициологом;
- обеспечить понимание текущих проблем для осуществления деятельности нутрициологом и возможностей их решения;
- обеспечить уверенностью, что эксперты, пользователи и разработчики одинаково понимают цели и задачи организации;

– сформулировать системные требования к проектируемой системе, основными из которых являются: сбор и обработка данных для установления предварительного диагноза и разработки соответствующих рекомендаций по рациону питания и жизнедеятельности человека, а также проведение анализа по факторам риска с использованием медицинских методов и визуализации их результатов.

Таким образом, сформулированные рекомендации по созданию СППВР нутрициолога позволяют предложить модели, диагностические алгоритмы, технологии прогнозирования состояния человека, повышающие эффективность лечебного процесса за счет соответствующего режима питания. Выработка диагностического решения, являющаяся основной целью разрабатываемой технологии, происходит в результате взаимодействия СППВР со специалистом как субъектом, который непосредственно принимает решение. Так, именно нутрициолог задает входные данные и оценивает полученный результат вычислений отклонения от нормы на компьютере. В таком ракурсе можно говорить о способности ИС совместно с нутрициологом создавать новую информацию для принятия решений.

Разрабатываемая функциональная модель технологии поддержки принятия решений нутрициологом позволяет не только формализовать технологию мероприятий по проведению консультации и разработки рекомендаций по рациону питания нутрициологом, но и способствует принятию эффективных решений благодаря комплексному учету всей необходимой информации.

## 2.6 Анализ предметной области, подлежащей автоматизации

Предварительное моделирование предметной области позволяет не только сократить временной лаг проектирования, повысить качество и эффективность проекта, но и минимизировать вероятность возникновения ошибок в решении стратегических вопросов. В связи с чем, ключевым моментом в современных



технологиях проектирования ИС является использование методологии моделирования предметной области.

К моделям предметных областей предъявляются следующие требования:

- формализация: однозначное описание структуры предметной области;
- доступность: применение графических средств отображения модели понятных для заказчиков и разработчиков;
- реализуемость: наличие средств физической реализации модели предметной области в ИС;
- возможность оценивания эффективности реализации модели предметной области на основе определенных методов и вычисляемых показателей [79].

Для реализации перечисленных выше требований строится система моделей, отражающая структурный и оценочный аспекты функционирования предметной области. Главным критерием адекватности структурной модели предметной области является функциональная полнота разрабатываемой информационной модели.

Так, после моделирования исследуемого процесса нами определена предметная область, подлежащая автоматизации. В модели эта область представлена функциями «Проведение опроса и обследования нутрициологом» (рис. Д.4), «Проведение консультации пациентов с алиментарно-зависимыми заболеваниями» (рис. Д.5) и «Установление причин, условий возникновения отклонений показателей здоровья от нормы» (рис. Д.6).

Факт наличия или возникновения АЗЗ у пациента (рис. Д.5) устанавливается нутрициологом в процессе анализа МД пациента. Оперативная оценка состояния здоровья пациента строится на основе субъективной (со слов пациента) и объективной (медицинская документация) информации. Объективная оценка показателей на первичной консультации, может быть дана только после их сопоставления с «эталонными» показателями [132]. Если текущий уровень заболеваемости превышает верхнюю границу определенного «контрольного» уровня, можно предполагать о развитии болезни.

Определение «стандартного» случая (рис. Д.5) базируется на клинических и лабораторных критериях. Клинические критерии опираются на характерные для того или иного заболевания симптомы или симптомокомплексы. Лабораторными критериями являются результаты обследований пациента (выделение возбудителя заболевания из клинического материала). Подтвержденным считается заболевание, имеющее характерные клинические симптомы и лабораторное подтверждение диагноза.

Сбор информации, характеризующей наличие определенного отклонения от нормы представлен на диаграмме А4 (рис. Д.6). Проводится анализ динамики заболеваемости и пораженности организма, оценка общего состояния здоровья и генетического фона пациента, анализируются результаты лабораторного контроля, информация о воды, способе жизнедеятельности и прочего, оцениваются результаты популяционных исследований на наличие в сыворотке крови специфических антител и многого другого.

Главными составляющими при проведении анализа возникновения отклонений показателей здоровья от нормы, представленными на диаграмме декомпозиции А4, являются: описание развития заболеваемости по времени, социально-возрастным группам населения; анализ возможных причин возникновения заболеваемости (врожденное или приобретенное); анализ возможных факторов развития заболеваемости.

Что же касается анализа возможных факторов развития заболеваемости, то этот этап моделировался с использованием диаграмм декомпозиции в IDEF0 (рис. Д.6 и рис. Д.7) и диаграммы потоков данных (рис. Д.8), обеспечивающих в дальнейшем построение информационной модели, разрабатываемой ИС нутрициолога.

Формирование гипотез (диаграмма декомпозиции «Разработка гипотез об отклонении от нормы показателей или заболеваемости пациента» А44 (рис. Д.7) начинается при сборе информации, характеризующей состояние здоровья пациента. По сочетанию признаков проявления отклонения от нормы или заболевания в соответствии с известными дифференциально-диагностическими

критериями, формируется гипотеза о типе отклонения/заболевания по ведущему пути возникновения. По данным опроса и осмотра пациента, используя приемы формальной логики, выдвигаются гипотезы относительно факторов и механизма возникновения отклонений/заболеваний, а также об их источнике. Функция «Формирование гипотезы относительно путей и факторов возникновения отклонений от нормы или заболеваемости пациента» (диаграмма декомпозиции A44) декомпозирована диаграммой потоков данных DFD A441 (рис. Д.8). Эта диаграмма содержит 5 процессов, 4 накопителей и 2 внешние сущности.

*Процесс 1: сбор информации.*

Вход: уточненный перечень употребляемых продуктов; антропометрии пациента, режима и привычек питания, способа жизни; сведения о заболеваемости среди населения; сведения о предрасположенности пациента к определенным заболеваниям, генетических предпосылок, аллергических реакций.

Выход: отображение полученных данных в аналитических таблицах, графиках, отчетах.

Действия: на основании сведений о характере питания, способа жизни, генетических предпосылок пациента, уточненного перечня употребляемых продуктов, сведений о водопотреблении, полученных от пациента (накопитель 2), сведений о заболеваемости среди населения, поступающих из статистических анализов Министерства здравоохранения (внешняя сущность 1) осуществляется сбор информации для формирования аналитических таблиц и графиков, и последующего их использования нутрициологом (накопитель 3).

*Процесс 2: анализ собранной информации.*

Вход: полученные сведения после сбора информации о жалобах и симптомах пациента, сведений медицинского анамнеза; особенностях клинического течения заболевания; диагноз по МКБ.

Выход: аналитические таблицы и графики (суммарные таблицы с нарастающим итогом жалоб, симптомов и сведений медицинского анамнеза, график динамики развития заболевания).

Действия: на основании гипотезы о наличии отклонения показателей состояния здоровья от нормы, полученной от пациента (накопитель 2) и сведений из больницы (внешняя сущность 2) формируются аналитические таблицы и графики для дальнейшей обработки информации.

Процесс 3: *обработка информации.*

Вход: аналитические таблицы и графики.

Выход: логико-клинические методы анализа.

Действия: на основании аналитических таблиц и графиков, сформированных после анализа собранной информации, предлагаются клинические методы анализа для оценивания достоверности полученных результатов.

Процесс 4: *оценивание достоверности полученных результатов.*

Вход: логико-медицинские методы анализа.

Выход: результаты медицинских методов анализа.

Действия: из предлагаемых методов анализа выбираются наиболее актуальные.

Процесс 5: *подготовка окончательного заключения и разработка рекомендаций.*

Вход: медицинские методы анализа; результаты лабораторных исследований.

Выход: рекомендации по рациону питания.

Действия: на основании результатов лабораторных исследований, полученных из медицинской лаборатории (накопитель 4) и выбранных медицинских методов анализа нутрициологом (накопитель 3) формируется окончательное заключение о гипотезе относительно путей и факторов возникновения отклонений показателей состояния здоровья пациента и разрабатываются соответствующие рекомендации по рациону питания.

После разработки гипотез относительно путей и факторов возникновения отклонений от нормы или заболеваемости пациента. Анализ диаграмм потоков данных показал, что для оптимизации процессов сбора и обработки информации в целях установления причин возникновения и развития заболеваемости у пациента

необходимо создание витрины данных (табл. И.1), позволяющих перейти к построению информационно-логической модели.

Таким образом, в разрезе исследования для описания логики взаимодействия информационных потоков, последовательности выполнения работ и сценариев взаимодействия построены диаграммы в методологии DFD. Этот метод позволяет описать ситуацию, когда процессы выполняются в определенной последовательности, а также объекты, участвующие совместно в одном процессе. В работе произведен анализа возможных факторов появления и развития заболеваемости с использованием диаграмм декомпозиции в IDEF0 (рис. Д.6 и рис. Д.7) и диаграммы потоков данных (рис. Д.8), обеспечивающих в дальнейшем построение информационной модели, разрабатываемой ИС.

## Выводы по главе 2

1. В результате анализа и учета технологических аспектов проектирования ИС была разработана технологическая схема проектирования ИС нутрициолога, в которой функциональная декомпозиция описывает структуру системы в терминах иерархии ее функций и передачи информации между отдельными функциональными элементами, а объектная – статическую структуру системы в терминах объектов и связей между ними, а поведение системы описывается в терминах обмена сообщениями между объектами.

2. Комплексную поддержку разработки сложных ИС либо отдельных стадий их жизненного цикла обеспечивают CASE-технологии с помощью предназначенного для этих целей CASE-средств. В разрезе исследований целесообразно применение методологии SADT для построения функциональной модели. Это объясняется тем, что она преимущественно используется там, где есть четкие должностные инструкции и методики, которые регламентируют деятельность медицинских специалистов.

3. На основе функциональной составляющей SADT разработана методология IDEF0. Методология функционального моделирования IDEF0 – это технология

описания системы в целом как множества взаимосвязанных действий или функций. В исследовании в нотации IDEF0 построена функциональная модель организации деятельности нутрициолога при проведении консультации и разработке, соответствующих рекомендаций.

4. При построении функциональной модели для описания логики взаимодействия информационных потоков использована методология IDEF3. Эта нотация применялась для декомпозиции функции модели «Проведение консультации и дальнейшее сопровождение пациента нутрициологом».

5. В разрезе исследования для построения функциональной модели организации деятельности нутрициолога и информационных потоков используется CASE-средство моделирования данных – BPWin 4.1. Использование данного CASE-средства обеспечит функциональное моделирование сразу в нескольких нотациях: IDEF0 (функциональное моделирование), DFD (моделирование потоков данных) и IDEF3 (моделирование потоков работ).

## ГЛАВА 3 АЛГОРИТМЫ КВАЛИМЕТРИИ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫХ И ГРУППОВЫХ РАЦИОНОВ ПИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

### 3.1 Особенности оценивания антропометрических данных, процентного содержания жировой ткани, индекса массы тела, типа телосложения, типа распределения жировой ткани, рекомендуемого веса в диапазоне

Для анализа НС пациента принято использование комплекса соматометрических и клинико-лабораторных показателей. Всю их совокупность условно разделяют на обязательные (первого уровня: данные антропометрических, клинических и лабораторных исследований) и дополнительные (второго уровня) [106]. Антропометрия как совокупность приемов и методов является базовым инструментом анализа особенностей и состояния человеческого тела [64]. Для определения, текущего НС пациента нутрициолог использует наиболее важные параметры анатомии и физиологии человека, основанных на антропометрических показателях: ППТ, соотношение объема талии к объему бедер, ИМТ (методы расчета), дневная норма потребления воды и др. Рассмотрим их более детально.

Антропометрические индексы, особенно ИМТ, являются эпидемиологически значимыми индикаторами рисков заболеваемости и смертности. Исходя из аналитических отчетов ВОЗ, можно говорить о том, что увеличение значения ИМТ соответствует повышению риска ССЗ и онкологических заболеваний, а понижение – респираторных заболеваний [99].

Для определения нормальной массы тела, несмотря на существования значительного количества индексов (Брока, Брейтмана, Бернгарда, Отто, Татоня, Одера, Ноордена, Давенпорта), в клинической практике чаще всего для расчета ориентировочной оценки НС используется ИМТ (Adolphe Quetelet, 1869 г.) [106]. Коэффициент Кетле, благодаря своей простоте, продолжает оставаться одним из самых популярных. При этом, следует отметить то, что эта формула верна только для «стандартных» представителей человеческого общества. В свою очередь, для

оценивания массы тела людей, которые имеют нестандартные физические параметры (например, спортсмены), она бесполезна. Еще один недостаток ИМТ заключается в том, что он не различает жировую массу от мускульной [60]. Таким образом, индекс Кетле используется как универсальный, усредненный метод вычисления массы тела человека и на практике дает «расплывчатые» оценки степени излишнего веса, недостатка веса или ожирения.

Для многих клинических целей лучшим показателем метаболического обмена является показатель ППТ, поскольку он менее зависит от излишнего количества жировой ткани. Измерить площадь тела достаточно трудно, поэтому она вычисляется приближенно с помощью формул, зависящих от веса, роста и пола. Существует множество формул для расчета ППТ (Дюбуа и Дюбуа, Хейкока, Гехана и Джорджа, Фудзимото, Такахира и др.), но в практической деятельности медицинскими специалистами чаще всего используется формула Мостеллера.

Для определения наличия или отсутствия жира, располагающегося в области живота, рассчитывают индикатор соотношения объема талии к объему бедер. Этот индикатор является более точным показателем здоровья, чем ИМТ, поскольку способен показать разницу в фигурах у двух людей с одинаковым ИМТ [64]. Однозначно среди несомненных достоинств его использования является легкость в измерении и дешевизна. Несмотря на это, не лишен он и существенных недостатков: более чувствителен к ошибкам измерения, так как использует два нестандартизированных измерения; окружность бедер измерять труднее, чем окружность талии; предполагает неоднозначную интерпретацию [102].

Антропометрические измерения являются простым и доступным методом, позволяющим оценить не только массу тела человека, но и его белково-энергетический статус [3]. Однако многочисленные исследования показывают, что простая характеристика массо-ростовых соотношений в ряде случаев оказывается малоинформативной, а наиболее полные сведения о физическом развитии индивида дает фракционирование массы тела на основные тканевые компоненты: жировой, мышечный и костный [5]. В связи с этим, помимо роста-весовых показателей, для получения антропометрической оценки НС нутрициолог должен



использовать метод определения толщины кожно-жировой складки [94]. Основными недостатками использования метода определения толщины кожной складки являются более низкая корреляция с данными в сравнении с другими методами и сложности применения к пациентам чей ИМТ 35 и более.

Очевидно, что использование одного из антропометрических или лабораторных показателей не будет являться объективным отражением НС пациента. Кроме того, в практической деятельности при дефиците времени необходимы возможности быстрой и желательно простой оценки НС. Как следствие в клиническую практику стали внедряться интегральные оценочные системы, которые благодаря сочетанию нескольких параметров позволяют более точно оценить текущий НС пациента. Одной из наиболее простых в применении и достаточно объективной оценочной шкалой является NRI [106, 17].

В свою очередь, Европейское общество клинического питания и метаболизма (ESPEN) для анализа НС пациентов рекомендует использовать систему NRS. Оценивание нутритивного риска по шкале NRS основана на поэтапном исключении из всей совокупности индивидуумов без трофологических нарушений [120, 116]. Если сумма баллов составляет не менее 3, то проводится оценивание питательной недостаточности с использованием ряда лабораторных и клинических показателей: общий белок, альбумин сыворотки крови, лимфоциты периферической крови, ИМТ.

В свою очередь, Американское общество парентерального и энтерального питания (ASPEN) для анализа НС рекомендует использовать опросник «Глобальная субъективная оценка пациентов» (SGA). Шкала SGA в сравнении со шкалой NRS включает в себя большее количество первично оцениваемых показателей: ограничение рациона питания, потеря пациентом веса, функциональная активность, признаки диспепсических расстройств и ряд антропометрических и клинических показателей. В связи с этим, главным недостатком использования шкалы SGA является более длительный временной лаг процесса оценивания. Однако, множество авторов утверждают, что именно использование шкалы SGA позволяет более детально оценить большинство

факторов, влияющих на метаболизм, и параметров, отражающих изменения метаболических процессов. В 2003 г. Британская ассоциация парентерального и энтерального питания (BAPEN) разработала оригинальную скрининговую систему диагностики НС «Malnutrition Universal Screening Tool» (MUST). Эта система основана на оценках трех параметров: ИМТ, темпов потери массы тела и потенциальной/фактической невозможности приема пищи вследствие заболевания/операции. В результате выполнения алгоритма диагностики НС формируется один из вариантов решения: лечебно-профилактические мероприятия в прежнем объеме, внимательное наблюдение за НС, реализацию нутритивной поддержки [120].

На основании анализа научных публикаций, мы можем утверждать, что на сегодня применение любой из существующих систем диагностики как отдельно, так и в сочетании для клинической практики и научных исследований является вполне оправданным. Так, согласно [106] международные системы диагностики НС (NRI, SGA, MUST, NRS-2002) следует считать аргументированными и статистически достоверными. При этом отмечается, что при выборе методике следует учитывать свойственные им особенности использования. В свою очередь, [18] отмечают, что система SGA достаточно эффективна для диагностики динамики НС онкобольных и требует обязательного участия врача. Согласно исследованиям [38] и [7], для диагностики НС стационарных пациентов более подходящими являются MUST и NRS-2002 из-за их высокой чувствительности в качестве предикторов послеоперационных осложнений. В отчете [6], посвященном сравнению корреляции результатов диагностики НС по SGA, NRI и MUST с фактическими результатами оперативного лечения пациентов с опухолями поджелудочной железы, показано, что показатели недостаточности питания по MUST и NRI четко коррелировали с общим числом послеоперационных осложнений, с количеством инфекционных осложнений и с продолжительностью госпитализации. В то же время, при оценке нутритивной недостаточности по SGA [6] корреляция наблюдалась лишь с показателем числа инфекционных осложнений в области оперативного вмешательства.

В результате анализа использования методик диагностики НС, принимая во внимания требования со стороны нутрициолога (трудоемкость и точность), в качестве основного инструмента при оценивании нутритивной недостаточности выбрана методика NRS [116, 106]. В свою очередь, для диагностики текущего НС пациента выбран опросник NRI [17, 101]. Алгоритм оценивания антропометрических данных, процентного содержания жировой ткани, ИМТ, типа телосложения, типа распределения жировой ткани нутрициологом представлен на рис. 3.1.

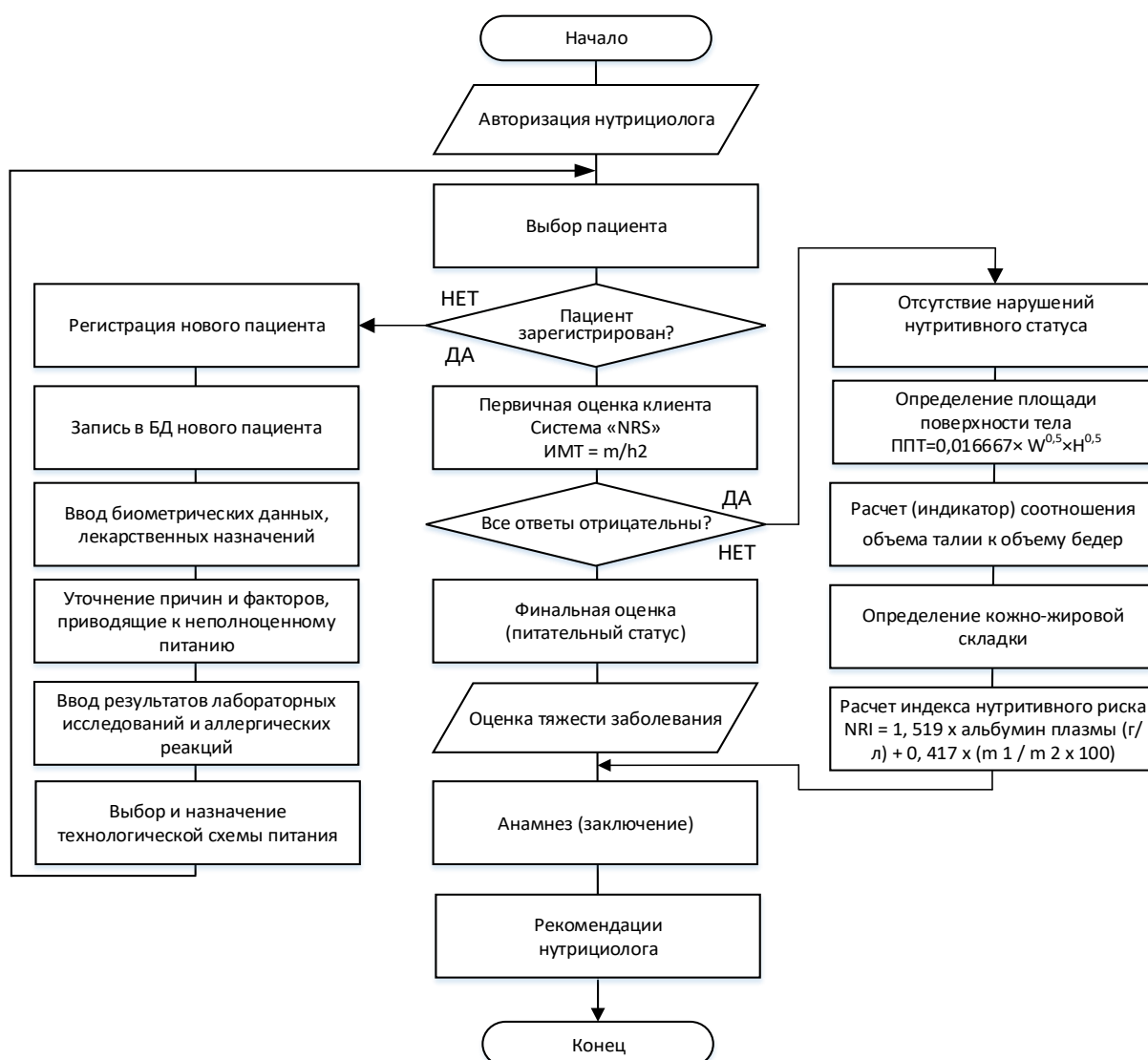


Рисунок 3.1 – Алгоритм оценивания антропометрических данных, процентного содержания жировой ткани, индекса массы тела, типа телосложения, типа распределения жировой ткани нутрициологом

Таким образом, в работе предложен алгоритм оценивания антропометрических данных, процентного содержания жировой ткани, индекса массы тела, типа телосложения, типа распределения жировой ткани нутрициологом, который способствует комплексному формированию входной информации для диагностической деятельности нутрициолога.

3.2 Алгоритм конструирования анкет по методу 24-часового воспроизведения питания и по методу анализа частоты потребления пищи в информационной среде

Интегральным показателем качества питания человека является состояние питания. Все методы изучения фактического питания принято делить на социально-экономические (применяются при изучении общей структуры питания жителей отдельного территориального района, уровне потребления отдельных продуктов питания) и социально-гигиенические (применяются при изучении индивидуального и семейного питания, а также в коллективах) [76]. Выбор метода должен основываться на критическом анализе его преимуществ и недостатков, поскольку универсального метода, который подходит для решения многих целей и задач при любых обстоятельствах, не существует [10] (табл. 3.1).

Метод 24-часового воспроизведения позволяет собрать, обработать, а также проанализировать данные о потреблении пищевых веществ человеком, учитывая антропометрические данные, информацию о физической активности, режиме работы и отдыха. При этом, следует отметить, что метод суточного воспроизведения рациона питания имеет ограничения (информация характеризует рацион только за определенные сутки и не дает представления о характере питания за более длительный отрезок). Для нивелирования этого недостатка следует проводить сбор данных неоднократно, с учетом различий в характере питания в рабочие и выходные дни, а также сезонных изменений рациона [67].

Таблица 3.1 – Сравнительная характеристика возможностей методов социально-гигиенической группы с потребностями исследования фактического питания человека

Требования к исследованию	Методы социально-гигиенической группы								
	Анкетный	Метод записи	24-часовое воспроизведение	Частоты использования продуктов	Весовой	Лабораторный	Статистический	Опросно-весовой	Анкетно-опросный
Низкая трудоемкость	+	+	+	-	-	-	-	-	+
Высокая точность	-	+	+	-	+	+	-	+	+
Короткий срок обследования	+	+	+	+	-	-	+	-	+
Большая численность выборки	+	+	+	+	-	-	+	-	+
Простота проведения	+	-	+	-	-	-	+	-	+
Репрезентативность полученных данных	-	-	+	-	+	+	-	+	-
Установление взаимосвязи питания и риска развития заболеваний	-	+	-	+	-	-	-	-	-
Низкая стоимость исследования	+	+	+	+	+	-	+	+	+
Возможность проведения медицинского осмотра	-	-	+	+	-	-	-	+	-
Комплексность	-	-	+	-	-	+	-	+	-
Необременительный для обследуемого	+	-	+	-	-	-	+	-	+

Метод 24-часового воспроизведения нуждается в стандартизации процедуры выполнения интервью, оценивании количества и качества потребленной пищи, полноты описания блюд, заполнения формы и последующего кодирования. Это один из самых сложных этапов работы. На сегодняшний день нет общепринятой системы кодирования пищевых продуктов, доступной для практического использования. В связи с чем результаты исследований на уровне отдельных продуктов и их групп часто бывают несопоставимы, в том числе и из-за отсутствия стандартизированной системы группирования продуктов.

Таким образом, для эффективного использования метода 24-часового воспроизведения в практической деятельности нутрициолога необходимо разработать соответствующую ИС. Для этого, в первую очередь необходимо построить алгоритм конструирования анкет по методу 24-часового воспроизведения питания и их обработки (рис. 3.2).

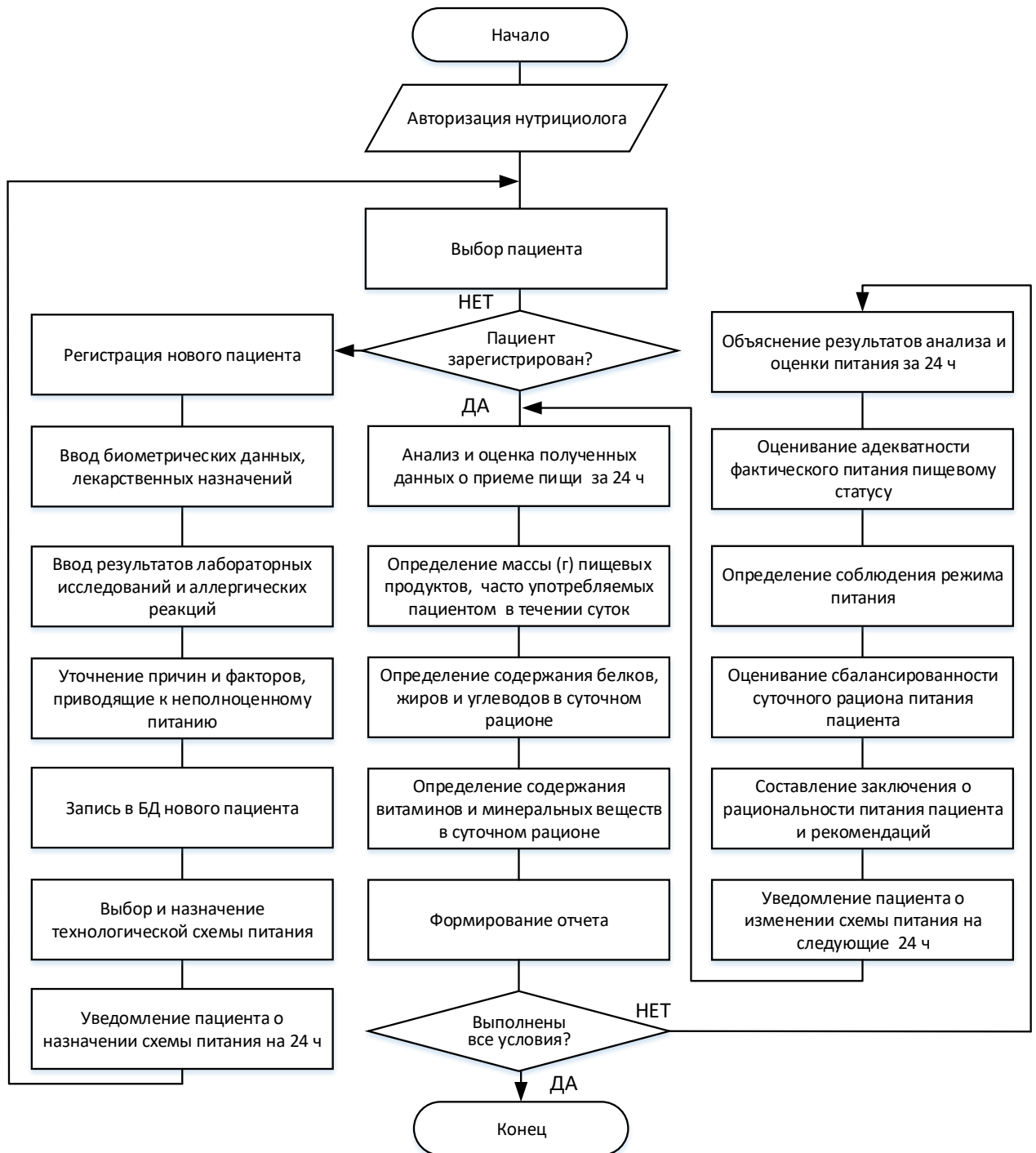


Рисунок 3.2 – Алгоритм конструирования анкет по методу 24-часового воспроизведения питания и их обработки

Разработанный алгоритм предназначен для автоматизации работы нутрициологов, а также их пациентов при проведении анализа фактического питания и разработки рационов питания и меню на заданный горизонт планирования, для централизованного сбора статистической информации о

режимах питания и изменении антропометрических показателей пациентов при применении разработанных индивидуальных рационов питания.

В свою очередь, использование программы с созданным алгоритмом обеспечит автоматизацию процесса диагностирования, консультирования и сопровождения пациента нутрициологом, а именно: ведение учета пациентов, оценивание антропометрических данных, процентного содержания жировой ткани, ИМТ, типа телосложения, типа распределения жировой ткани, рекомендуемого веса в диапазоне; формирование анкет по методу 24-часового опроса питания под различные задачи исследования и группы населения; определение химического состава и ЭЦ фактического рациона питания потребителя и визуализация этих данных; формирование исключений пищевых продуктов и блюд в БД с учетом имеющихся АЗЗ, пищевых предпочтений; формирование отчетов; обновление ПО и информационных БД программного комплекса.

При этом следует отметить, что 24-часовой метод не дает возможности увидеть общую картину потребления продуктов или фиксировать потребление продуктов, потребляемых пациентом эпизодически. С этой задачей лучше всего справится метод анализа частоты потребления пищевых продуктов.

Этот метод основывается на использовании анкеты, перечень вопросов которой позволяет оценить частоту потребления определенных видов пищевых продуктов и блюд за определенный период, предшествующий анкетированию. Он не дает возможность расчета количественной оценки фактического питания, но позволяет дифференцировать обследуемых на категории в зависимости от уровня потребления определенных пищевых продуктов, изучать зависимость между характером их потребления и состоянием здоровья [36]. Алгоритм формирования анкет по методу анализа частоты потребления и их обработки в компьютерной среде представлен на рис. 3.3.

Следует отметить, что методы анализа частоты потребления и 24-часового воспроизведения питания в определенной степени похожи. Главным их различием является то, что метод анализа частоты потребления предполагает описание полного рациона пациента в отношении частоты потребления и количества

продуктов и блюд, а метод 24-часового воспроизведения – описание обычного режима и характера потребления пищи по ее приёмам в течение дня [92].

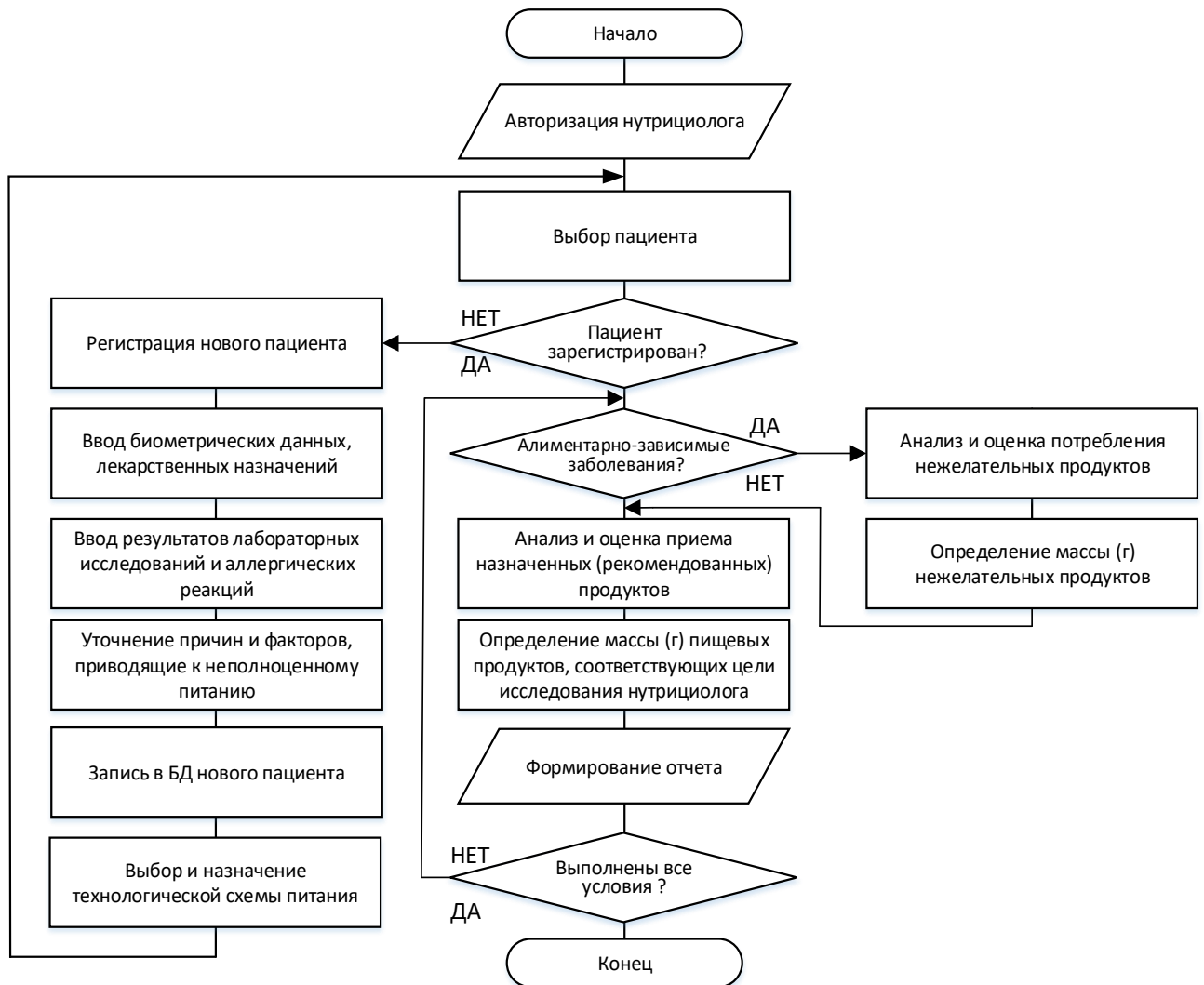


Рисунок 3.3 – Алгоритм формирования анкет по методу анализа частоты потребления и их обработки

Таким образом, сопоставление результатов проведенного анализа с информационными потребностями нутрициолога позволило обосновать корректность использования метода 24-часового воспроизведения как основного метода при исследованиях фактического питания отдельно взятого человека. Эффективное использование этого метода предполагает тщательную стандартизацию процедуры выполнения опроса, оценивание количества и качества потребленной пищи, полноты описания блюд, заполнения формы и отчетов. Для



выполнения поставленной задачи предложен алгоритм автоматизированного конструирования анкет по методу 24-часового воспроизведения питания, который позволит разработать ИС, обеспечивающую предоставление качественных услуг нутрициологом.

Для фиксирования потребления продуктов, потребляемых эпизодически, пациентом разработан алгоритм формирования анкет по методу анализа частоты потребления. Это даст возможность нутрициологу определить взаимосвязи питания и риска развития хронических неинфекционных заболеваний человека.

Программная реализация предложенных алгоритмов даст возможность не только приумножить терапевтический эффект за счет оптимального рациона питания и удовлетворить индивидуальные предпочтения каждого пациента, но и уменьшить материальные затраты на приобретение продуктов питания за счет четко сформулированного списка необходимых продуктов и их объёма (веса).

### 3.3 Алгоритм определения и визуализации химического состава и энергетической ценности фактического рациона питания и меню

Под рациональным питанием в практической медицинской деятельности подразумевают физиологически полноценное питание здоровых людей, которое соответствует энергетическим, пластическим, биохимическим потребностям организма, обеспечивает постоянство внутренней среды организма (гомеостаз) и поддерживает функциональную активность органов и систем, сопротивляемость к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды на оптимальном уровне в различных условиях его жизнедеятельности [133].

Основными законами «рационального» питания являются следующие:

– закон энергетической адекватности питания: ЭЦ рациона питания должна соответствовать энергетическим затратам организма с учётом возраста, пола, состояния здоровья, специфики выполняемой работы;

– закон нутриентной адекватности питания: рацион должен состоять из необходимого количества всех жизненно важных веществ, содержание и

соотношение которых должно быть оптимально сбалансированными с целью обеспечения их усвояемости;

– закон энзиматической адекватности питания: химический состав пищи, ее усвояемость и перевариваемость должны соответствовать ферментным системам организма;

– закон биотической адекватности питания: пища должна быть безвредной и не содержать патогенных микроорганизмов, а также ксенобиотиков, радионуклидов в количествах, превышающих допустимые уровни;

– закон биоритмологической адекватности питания: режим питания должен соответствовать биологическим и социальным ритмам [43].

Согласно перечисленным выше законам, оценивание питания должно включать несколько этапов, а именно:

– 1-й этап: определение суточных энергозатрат организма;

– 2-й этап: расчёт калорийности и оценивание качественного состава фактического суточного пищевого рациона;

– 3-й этап: анализ полученных данных, за результатами которого составляют рациональный суточный рацион и корректируют фактический рацион питания.

Рассмотрим каждый из этапов более детально. Для обеспечения нормальной жизнедеятельности организма необходимо придерживаться энергетического баланса: суточное поступление энергии должно быть равным суточным энергозатратам, которые складываются из:

– ВОО: расход энергии на поддержание процессов жизнедеятельности организма в состоянии покоя (метаболические процессы, поддержание кровотока и дыхания, функционирование желез и т.д.);

– СДДП: повышение расхода энергии у человека после приема пищи, что связано с усилением окислительно-восстановительных процессов, необходимых для разложения и последующей ассимиляции организмом нутриентов;

– физической нагрузки и умственной деятельности [77].

Согласно действующим методическим рекомендациям, выделяют 5 групп трудоспособного населения для мужчин и 4 группы для женщин, для которых

разработаны «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения РФ» [95].

Основным показателем пищевого статуса человека является «масса тела» (нормальная, недостаточная, избыточная). В разрезе проведенного исследования, для расчета нормальной массы тела будет использоваться формула Кетле (п. 3.1).

Для расчёта суточных энергозатрат использован таблично-хронометражный (расчетный) метод. Этот метод менее точный, чем прямой и непрямой калориметрии, но является более удобным и доступным на практике. Пример расчета суточных энергозатрат таблично-хронометражным методом представлен в приложении К.

На этапе определения калорийности и определения качественного состава фактического суточного пищевого рациона используют метод расчета по меню-раскладке, основываясь на таблицах химического состава Российских пищевых продуктов. Этот метод позволяет проанализировать «правильность» составления рационов с точки зрения их соответствия установленным нормам, дает представление о суточной калорийности питания и распределении ее по приемам пищи в течение дня. Однако он недостаточно точен. Несмотря на этот недостаток, именно метод расчета по меню-раскладке на сегодняшний день широко распространен среди специалистов гигиены питания благодаря своей простоте и доступности.

Наиболее популярные рецепты блюд и порции этих блюд, берутся из следующих методических материалов: Сборника рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания [29]; Справочник «Химический состав блюд и кулинарных изделий» [157]; Сборник рецептур блюд диетического питания для предприятий общественного питания [130]; Картотека блюд диетического и лечебного питания оптимизированного состава с включением специализированных пищевых продуктов диетического лечебного и диетического профилактического питания [88]; Справочник по диетологии [136].

Для определения качества состава фактического суточного пищевого рациона используют Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых

веществах человека [95]. Алгоритм определения и визуализации химического состава и энергетической ценности фактического рациона питания и меню представлен на рис. 3.4.

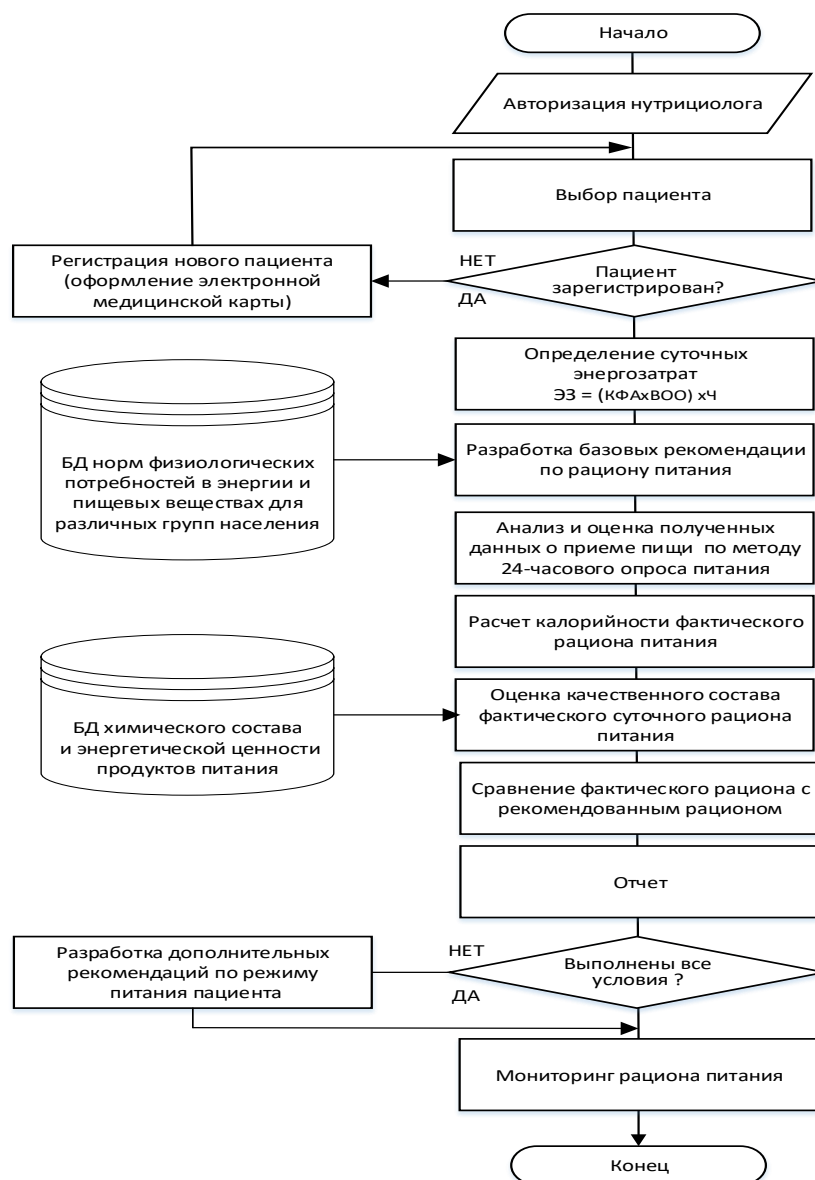


Рисунок 3.4 – Алгоритм определения и визуализации химического состава и энергетической ценности фактического рациона питания и меню

Таким образом, с целью минимизации физических затрат и максимизации эффективности рекомендаций нутрициолога предложен алгоритм определения и визуализации химического состава и ЭЦ фактического рациона питания и меню, реализация которого в разрабатываемом ПО будет способствовать не только

уменьшению времени для анализа информации, но и повышению качества полученных результатов.

### 3.4 Алгоритм формирования исключений пищевых продуктов и блюд в базе данных с учетом имеющихся алиментарно-зависимых заболеваний, пищевых предпочтений с учетом гликемических индексов пищевых продуктов и содержания в них критически значимых пищевых веществ

Проблемы питания и здоровья тесно взаимосвязаны и их решение лежит в основе первичной и вторичной алиментарной профилактики различных заболеваний. Классификация АЗЗ согласно МКБ 11-го пересмотра представлено на рис. Л.1. Таким образом, одной из основных причин возникновения перечисленных заболеваний является нерациональное питание.

В общей структуре заболеваний заболеваемость АЗЗ у населения России, особенно у детей и подростков, на протяжении ряда лет входит в число лидирующих (3 и 4 место соответственно в структуре общей заболеваемости) и имеет тенденцию к росту (рис. 3.5).

В РФ отмечался устойчивый рост зарегистрированной общей заболеваемости трудоспособного населения по классу ССЗ, так, в 2020 г. общая заболеваемость составляла 11191,9 случая на 100 тыс. трудоспособного населения, в 2010 г. – 8251,5 случая, темп прироста за период – 36 %. В целом по России у всего населения заболеваемость болезнями эндокринной системы, расстройства питания, нарушения обмена веществ за анализируемый период увеличилась на 39% по сравнению с 2010 г. и составила 8242,2 случая на 100 тыс. трудоспособного населения. Увеличение произошло за счёт всех возрастных групп населения.

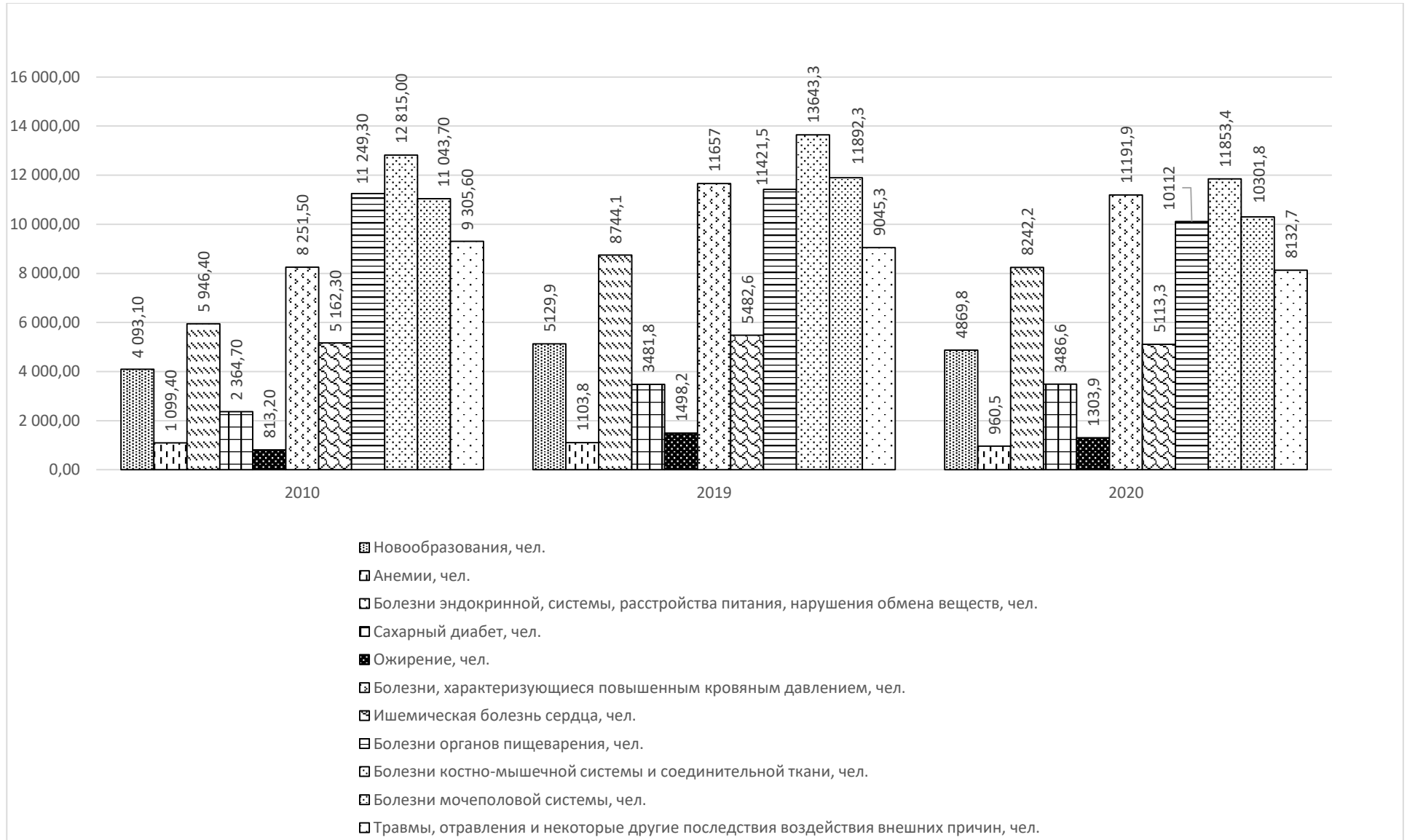


Рисунок 3.5 – Заболеваемость населения по основным классам, группам и отдельным болезням на 100 тыс. чел. населения, случаев. [59]

По отдельным нозологиям, относящимся к важнейшим хроническим неинфекционным заболеваниям, прослеживалась аналогичная тенденция. Зарегистрированная общая заболеваемость СД составляла в 2020 г. 3486,6 случая на 100 тыс. трудоспособного населения, что выше на 47 %, чем в 2010 г. (2364,7 случая). Общая заболеваемость ожирением в 2020 г. составила 1303,9 случая, в 2010 г. – 813,2 случая на 100 тыс. трудоспособного населения, что выше на 60 %.

Рассмотрим детально профилактику развития АЗЗ. Начнем из самых распространённых среди населения РФ (табл. М.1): ожирение, СД II типа, ССЗ, онкозаболевания, потеря массы и ухудшение микроархитектоники костной массы.

Ключевым моментом в контроле СД, кроме снижения массы тела, регулярной физической активностью и лекарственной терапией является питание. Для снижения массы тела при этом заболевании выбор диетической стратегии скорее будет обусловлен коморбидными заболеваниями и предпочтениями пациента, а для достижения благоприятного метаболического эффекта и получения желаемого контроля в управлении СД предпочтение следует отдавать диетам со средней долей углеводов в рационе и низким гликемическим индексом [164].

Одним из наиболее авторитетных источников сведений о гликемическом индексе является БД Сиднейского университета (БД-ГИ), находящаяся в свободном доступе в Интернете. Пополнение БД-ГИ осуществляется на основании сведений, содержащихся в справочной научной литературе. Значительную часть данных составляют результаты собственных исследований лаборатории университета. Авторы БД-ГИ отбирают в неё только надёжные сведения о гликемическом индексе [113].

В группе АЗЗ, связанных с нарушением и дисбалансом питания, следует более детально рассмотреть заболевания, связанные с недостаточностью определенных нутриентов, минералов, витаминов и др. При этом, следует отметить, что множество продуктов имеет в своем составе антиалиментарные компоненты (ингибиторы протеаз, антивитамины и деминерализующие факторы), которые препятствуют перевариванию и усвоению многих содержащихся в них питательных компонентов.

В свою очередь, нарушение санитарно-гигиенического режима в процессе приготовления пищи, ее хранения и реализации приводит к тому, что пищевые товары обсеменяются патогенными микробами. Следует четко разграничивать пищевые отравление от случаев пищевой непереносимости, основными симптомами которой являются газы, колики, изжога, головные боли, тошнота, диарея, рвота и проблема с избыточным весом. Пищевая непереносимость – это состояние, когда организм не может должным образом переваривать определенные продукты [28]. Ее часто путают с пищевой аллергией, которая может вызывать анафилаксию, являющуюся опасной для жизни. Главным отличием пищевой непереносимости от аллергии является зависимость проявлений непереносимости от количества употребляемого проблемного продукта — чем больше ее концентрация в рационе, тем выраженнее жалобы. При пищевой аллергии симптомы не зависят от количества употребляемого причинного продукта [28].

Этиологическим лечением пищевой аллергии является исключение из питания причинно-значимых продуктов. Так, при обсуждении как профилактических, так и терапевтических мер врачами отмечалась необходимость элиминации пищевых продуктов, которые запрещены для использования в питании конкретного пациента. Вместе с тем, более важными вопросами при разработке схем профилактики и лечения пациентов является вопрос, какие продукты пациент может употреблять безопасно. В связи с этим, более рациональным является использование на практике разрешительно-элиминационной диеты [117].

Что касается группы заболеваний, вызванных врожденными нарушениями обмена нутриентов, то, следует отметить, что отдельные наследственные нарушения обмена веществ встречаются достаточно редко (1:500). Основной целью лечения нарушения метаболизма малых молекул и энергетического обмена является накопление субстратов или восполнение недостающих продуктов реакции. Самым распространённым способом лечения является диета с исключением определенных веществ.

Алгоритм формирования исключений пищевых продуктов и блюд в базе данных с учетом имеющихся АЗЗ, пищевых предпочтений, гликемических



индексов пищевых продуктов, величины содержания в них критически значимых пищевых веществ представлено на рис. 3.6.

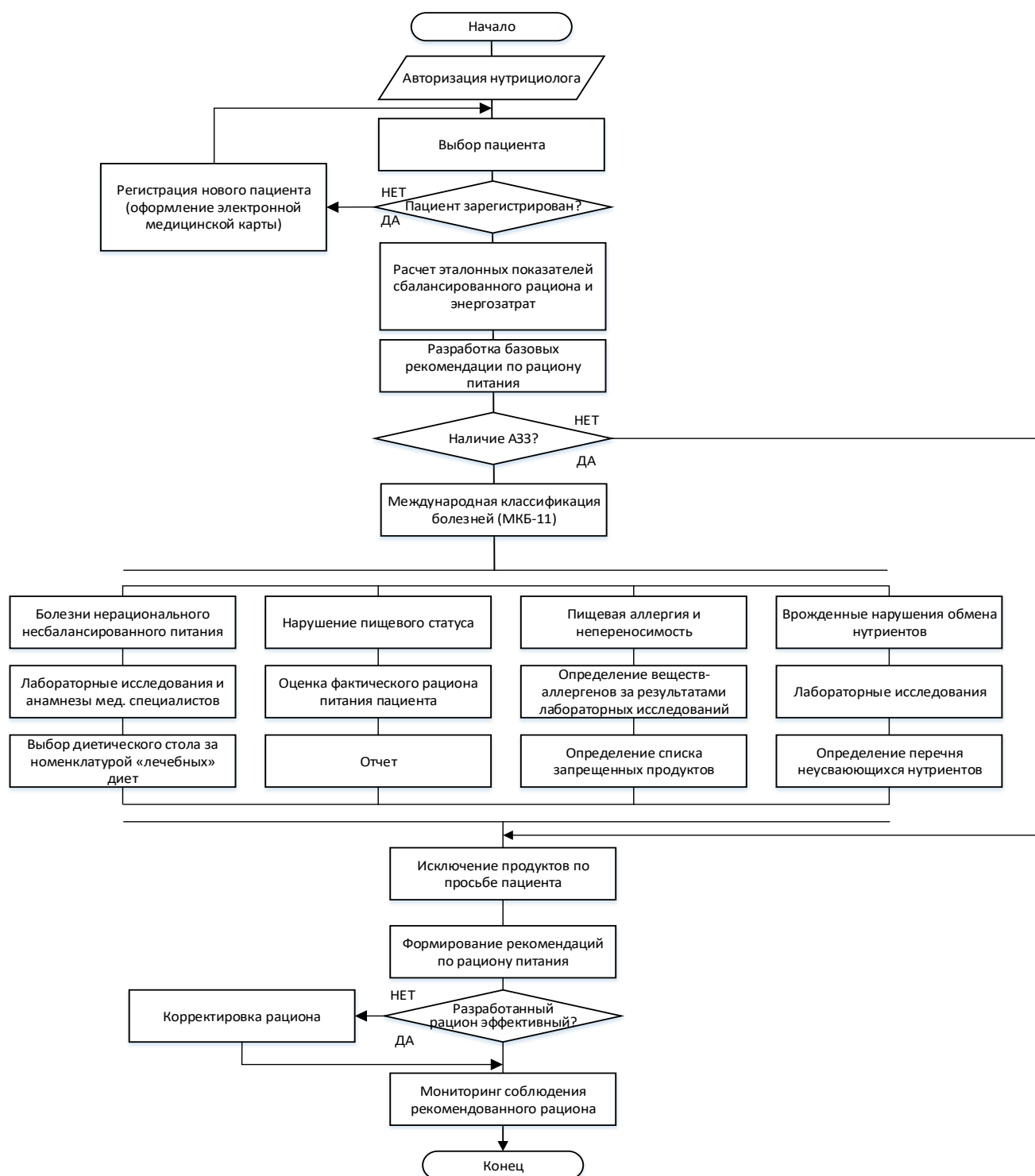


Рисунок 3.6 – Алгоритм формирования исключений пищевых продуктов и блюд в базе данных с учетом имеющихся А33, пищевых предпочтений, гликемических индексов пищевых продуктов, величины содержания в них критически значимых пищевых веществ

Таким образом, наряду с генетическими и экологическими предпосылками, большую роль в развитии АЗЗ и их прогнозе играют модифицируемые факторы, связанные с образом жизни и характером питания. В связи с чем, обязательной частью успешного лечения и профилактики АЗЗ является диетологическая коррекция рациона. При этом проведение консультирования по коррекции рациона питания при наличии у пациента АЗЗ от специалиста определенной подготовки и компетентности, приобретения и наработки практических навыков по модификации характера питания и пищевых привычек. Обобщение накопленного опыта в области рационального питания и профилактического питания, разработка алгоритмов оценивание и коррекции рациона предусмотрено в разработанном алгоритме формирования исключений пищевых продуктов и блюд в БД с учетом имеющихся АЗЗ, пищевых предпочтений, гликемических индексов пищевых продуктов, величины содержания в них критически значимых пищевых веществ. Практическая реализация этого алгоритма в разрабатываемой ИС будет способствовать не только уменьшению времени для анализа информации, но и улучшать качество полученных результатов, которые являются ключевым инструментом для разработки рекомендаций рациона питания для пациента.

### 3.5 Алгоритм расчета вариантов групповых и индивидуальных рационов питания

С помощью коррекции режима питания можно регулировать обменные процессы в организме и тем самым воздействовать на течение патологического процесса. В большинстве случаев диетотерапия является основным методом лечения, при других – фоном, на котором медикаментозная терапия будет действовать более эффективно [69]. Основоположником отечественной диетологии является Мануил Исаакович Певзнер, который, изучая механизм лечебного действия пищи при различных заболеваниях и оценивая изменения морфофункционального состояния пораженного органа и динамику клинических симптомов болезни, предложил «номерную систему диет», построенную по нозологическому принципу («столы № 1-15 по Певзнеру») [63].

Согласно приказу Министерства здравоохранения РФ № 330 от 05.08.2003 г. введена новая номенклатура диет, построенная по принципу «химического состава», и объединяет диеты номерной системы М. И. Певзнера. Они дифференцируются по количественному и качественному составу пищевых веществ и микронутриентов, ЭЦ, технологии приготовления блюд и среднесуточному набору продуктов. Кроме стандартных диет, по индивидуальным показаниям назначают суточные режимы – контрастные диеты (разгрузочные дни), названия которых соответствует их продуктовому составу (молочный, яблочный, картофельный, творожный, арбузный и т. п. день) и специальные диеты (калиевая, магниевая, диета Кареля и т. п.) [149].

Таким образом, основной целью лечебных диет является нормализация обмена веществ, корректировки веса, восстановление организма после перенесенных заболеваний. При этом, они не предназначены для относительно здорового человека. Но это вовсе не значит, что здоровому человеку можно пренебрегать основными принципами рационального питания.

Все названные лечебные диеты и общие принципы рационального питания подходят для разработки групповых рационов питания на первом этапе консультирования пациента нутрициологом. После пробного периода они все будут корректироваться с учетом физиологических и психологических особенностей человека. В свою очередь, для оздоровления организма недостаточно просто считать калории и выбирать продукты с низким содержанием жиров. Это индивидуальный рацион питания, который учитывает образ жизни и состояние здоровья, привычки, наследственные факторы и многое другое. Также разработка индивидуальной программы питания позволяет не включать в меню те продукты, которые не нравятся или вызывают отвращение вплоть до полного неприятия.

При подборе продуктов питания необходимо оценивать их химический состав с учетом количественной макронутриентной классификации (белки, жиры и углеводы). Рассчитать массовую долю макронутриента в композиции продукта можно по формуле:

$$S_6 = \frac{\sum_{i=1}^n X_i S_i}{\sum_{i=1}^n X_i}, \quad (3.1)$$

где  $S_6$  – массовая доля определенного макронутриента в продукте, %;

$X_i$  – массовая доля  $i$ -го компонента в рецептуре, %;

$S_i$  – массовая доля определенного макронутриента в  $i$ -ом компоненте рецептуры, %;

$n$  – количество исследуемых компонентов в рецептуре.

Для этого, в первую очередь, посредством метода 24-часового воспроизведения питания распишем суточный рацион пациента (табл. 3.2), химический состав которого оценим с помощью справочника «Химический состав пищевых продуктов» И. М. Скурихина.

Таблица 3.2 – Суточный рацион пациента и его химический состав\*

Наименования продукта	Масса, г.	Массовая доля, г.				ЭЦ, ккал.	Группа
		Вода	Белки	Жиры	Углеводы		
1-й прием пищи (завтрак)							
Яичница глазунья	100	63,5	12,9	20,9	0,9	243	Ж-Б-У
Салат зеленый с огурцами	150	135,3	2,3	6,2	3,6	81	Ж-Б-У
Чай с молоком	200	180,2	1,4	1,6	16,4	86	У-Б-Ж
Шоколад молочный	30	0,3	2,9	10,4	15,1	166	У-Ж-Б
Всего	480	379,3	19,5	39,1	36	576	
2-й прием пищи (обед)							
Борщ из свежей капусты и картофеля	250	225,0	2,5	2,8	13,6	90	У-Б-Ж
Голубцы овощные	100	79,5	2,2	5,2	9,7	95	У-Б-Ж
Соус сметанный	50	42,8	1,0	2,6	2,8	39	У-Ж-Б
Чай с молоком	200	180,2	1,4	1,6	16,4	86	У-Б-Ж
Шоколад молочный	30	0,3	2,9	10,4	15,1	166	У-Ж-Б
Всего	630	527,8	10	22,6	57,6	476	
3-й прием пищи (полдник)							
Кефир 1,0% жирности	200	180,8	6,0	2,0	4,0	80	Б-Ж-У
Сушки простые	100	11,0	10,7	1,2	71,2	339	У-Б-Ж
Всего	300	191,8	16,7	3,2	75,2	419	
4-й прием пищи (ужин)							
Сельдь атлантическая жирная	100	61,3	17,7	19,5	0	248	Ж-Б
Салат зеленый с огурцами	150	135,3	2,3	6,2	3,6	81	Ж-У-Б
Чай с лимоном	200	185,4	0,2	0	13,6	56	У-Б-Ж
Шоколад молочный	30	0,3	2,9	10,4	15,1	166	У-Ж-Б
Всего	480	382,3	23,1	36,1	32,3	551	
Общее	1890	1481,2	69,3	101	201,1	2022	

\*По показателю «калорийность» такой подход имеет обоснование в санитарных правилах [129].

Следующим этапом следует оценить удовлетворение суточной потребности в макронутриентах и энергии при употреблении представленных в табл. 3.2 продуктов и рациона в целом (табл. 3.3).

Таблица 3.3 – Удовлетворение суточной потребности в макронутриентах за счет употребления рациона питания пациента

Наименования макронутриентов	Нормы потребления, г / в сутки	Массовая доля макронутриентов в порции продукта, г	Степень удовлетворения суточной потребности, %
Белки	63	69,3	110
Жиры	60	101	168
Углеводы	252	201,1	80
Энергетическая ценность, ккал.	1700	2022	119

Для определения биологической ценности белковых продуктов используется метод аминокислотного (химического) сора. Анализ биологической ценности белковой составляющей рациона пациента представлен в табл. 3.4.

Таблица 3.4 – Биологическая ценность белковой составляющей рациона

Незаменимые аминокислоты	Массовая доля НАК, г/100г белка		Аминокислотный скор, %
	Эталонного белка*	Исследуемого рациона	
Гистидин	2,00	1,44	72,24
Изолейцин	3,20	2,47	77,13
Лейцин	6,60	4,16	62,99
Лизин	5,70	1,12	19,67
Метионин	1,40	1,12	80,10
Цистеин	1,30	0,64	49,08
Фенилаланин	2,60	1,93	74,37
Тирозин	2,60	1,63	62,83
Треонин	3,10	2,16	69,83
Триптофан	0,85	0,63	74,38
Валин	4,30	2,80	65,17

\* –количественный и качественный аминокислотный состав ФАО ВОЗ от 2011г.

Следует отметить, что как для расчета оценки рациона питания пациента, так и для подбора наиболее ему подходящих продуктов питания для его меню, недостаточно просто определить биологическую ценность белковой составляющей продукта. Необходимо также проанализировать качественный состав белкового

компонента соответствующих продуктов. Для этого на сегодняшний день используются показатели и критерии, предложенные академиками Роговым И.А. и Липатовым Н. Н. (индексы КРАС, рациональности аминокислотного состава (Rp), сопоставимой избыточности (G) и биологической ценности (БЦ) (табл. 3.5).

Таблица 3.5 – Анализ БЦ белковой составляющей рациона пациента

Продукт	Массовая доля белка, %	Количество лимитирующих НАК	Расчетные показатели			
			КРАС, %	БЦ, %	Rp	G
Яичница глазунья	12,90	6,39	4,53	95,47	0,81	-
Салат зеленый с огурцами	1,53	0,26	0,32	99,68	0,59	-
Чай с молоком	0,70	0,17	0,06	99,94	0,44	-
Борщ из свежей капусты и картофеля	1,00	4,03	8,45	91,55	0,21	-
Голубцы овощные	2,20	0,48	0,50	99,50	0,73	-
Чай с молоком	0,70	0,17	0,28	99,72	0,44	-
Кефир 1,0% жирности	3,00	2,89	2,45	97,55	0,73	-
Сушки простые	17,70	8,45	10,51	89,49	0,59	-
Сельдь атлантическая жирная	1,53	0,26	0,32	99,68	0,59	-
Салат зеленый с огурцами	12,90	6,39	4,53	95,47	0,81	-

С помощью описанного выше алгоритма можно и подбирать продукты с заданным заранее химическим составом.

Для расчета уровня сбалансированности подструктурных элементов рациона или элементов отдельного продукта предлагается использовать безразмерные индексы сбалансированности (Приложение Н). Эти индексы позволяют оценить уровень сбалансированности не только каждого приема пищи, но и рецептуры приготовления продуктов питания. Обобщенная функция сбалансированности рациона или отдельно взятого продукта можно рассчитать по формуле (3.2) с учетом функции желательности Харрингтона (Di):

$$D_j = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n U_i} = \sqrt[n]{U_p \times U_B \times U_M \times U_{Ж} \times U_A \times U_{Э}}, \quad (3.2)$$

Для расчета интегральной оценки сбалансированности продуктов питания, отобранных нутрициологом, соответствия пищевой и ЭЦ этих продуктов питания,

для формирования картотеки продуктов с нутриентным составом и пр. используют критерий (шкалу) Харрингтона [81].

Результаты расчета оценки химического состава продуктов, анализируемого рациона питания пациента представлены в табл. Н.1. Согласно результатам вычислительных операций, анализируемый рацион пациента, набор приведенных продуктов можно охарактеризовать как «очень плохой» с точки зрения его сбалансированности и обеспечения физиологических потребностей организма необходимыми нутриентами.

Как мы понимаем это большой труд (интегральная оценка сбалансированности продуктов питания), который не только требует много времени, но и физических затрат. Чтобы минимизировать эти затраты и сделать работу нутрициолога более эффективной разработан алгоритм автоматизированного расчета вариантов групповых и индивидуальных меню из перечня продуктов по заданным параметрам и из рационов (рис. 3.7), который реализован в ИС «Нутриом».

Таким образом, представленный алгоритм системного компьютерного моделирования и анализа рациона питания пациента позволяет целенаправленно и оперативно отбирать продукты со сбалансированным рецептурным, витаминным, минеральным и аминокислотным составом. Это позволит нутрициологу более эффективно оказывать услуги по консультированию пациентов.

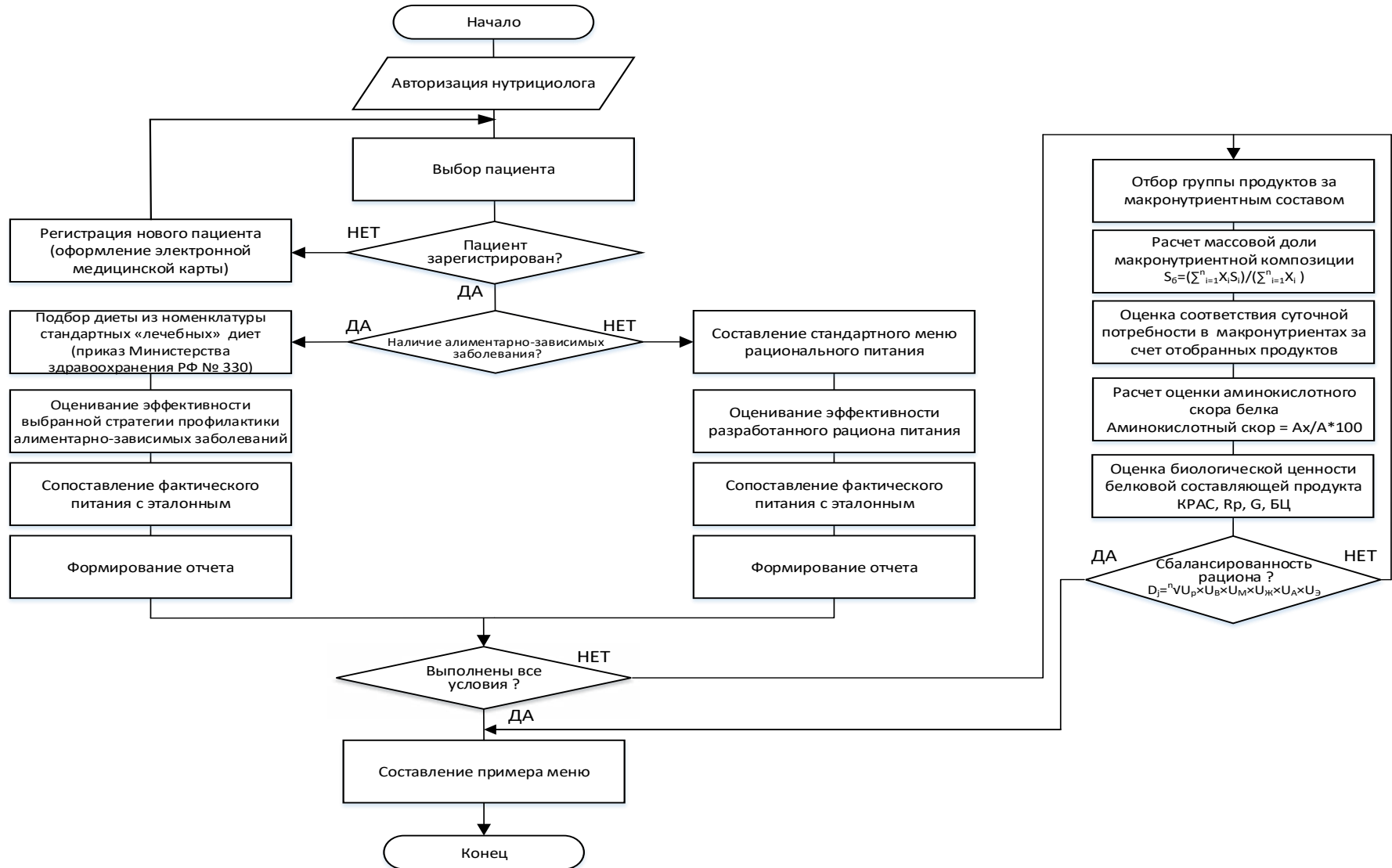


Рисунок 3.7 – Алгоритм расчета вариантов групповых и индивидуальных меню из перечня продуктов по заданным параметрам и из рационов



### 3.6 Алгоритм корректировки и выбора рассчитанных рационов питания и меню на заданный горизонт планирования

Для определения рациональности питания пациента в целом необходимо сопоставить показатель нутриентного состава фактического рациона с нормативом потребления. В случае отклонения от нормативных значений нутрициологу необходимо скорректировать рацион питания пациента. Для оценивания пищевой ценности продуктов и рациона в целом используют показатель нутриентного состава, который является цифровой основой для реализации законов сохранения энергии в практической нутрициологии (соответствие калорийности пищи энергопотребностям) и анализа сбалансированности рациона [58].

Следует отметить, что при толковании категории «значение соответствует норме» на практике используются исключительно средние значения. В таком случае, состав нутриентов в продуктах и в рационе в целом описывается не фиксированными значениями, а имеет статистику распределения. Описанная ситуация создает определенные трудности для разработки соответствующих отдельно взятому человеку рациона.

В связи с чем, актуальности набирает вопросы об обосновании методологии сопоставления фактических показателей нутриентного состава рациона и нормативов потребления, учитывая статистическую природу данных, характеризующих состав пищевых продуктов. Таким образом, приравнивая фактические данные к «эталонным» необходимо учитывать не только средние значения, но и степень их вариабельности:

$$СН_n = (\sum_{i=1}^p НП100_{i,n} \times M_i) \times (1 - \frac{ППО_n}{100}), \quad (3.3)$$

где  $СН_n$  – содержание  $n$ -го нутриента;

$n$  – номер нутриента;

$i$  – номер продукта;

$p$  – число продуктов;

$НП100_{i,n}$  – содержание нутриента  $n$  в продукте  $i$  (на 100 г);

$M_i$  – количество  $i$ -го ингредиента в г;

ППО $_n$  – процент потерь при технологической обработке по нутриенту  $n$ .

Для расчета разброса в разрезе данного исследования будем использовать упрощенную характеристику разброса – относительная погрешность нутриентного состава рациона, полученную из справочной научной литературы или рассчитанную как:

$$\delta_n = \frac{\Delta_n}{\sum_i^p \text{КН}_{i,n}}, \quad (3.4)$$

где  $\text{КН}_{i,n}$  – содержание  $n$ -го нутриента в  $i$ -м ингредиенте рациона;

$\Delta_n$  – абсолютная погрешность содержания нутриента  $n$  в рационе.

По величине относительной погрешности  $\delta$  рассчитывается значение абсолютной погрешности  $\Delta$ :

$$\Delta_n = \sum_{i=1}^p \text{КН}_{i,n} \times \delta_{i,n}, \quad (3.5)$$

где,  $\delta_{i,n}$  – относительная погрешность содержания нутриента  $n$  в продукте  $i$ .

Основным источником данных о нутриентном составе продуктов питания и данных о размерах относительной погрешности по ним является справочник химического состава российских продуктов [157] (колонка « $CV_T$  для кулинарных и подобных изделий»). Сведения о вариабельности данных  $CV_T$ , учитывают компоненты вариабельности различной природы [58]:

$$CV_T = \sqrt{CV_R^2 + CV_B^2 + CV_P^2}, \quad (3.6)$$

где  $CV_R$  – методическая вариабельность;

$CV_B$  – биологическая вариабельность;

$CV_P$  – вариабельность, обусловленная технологической обработкой и хранением.

Следует отметить, что в справочнике нутриентного состава [157] погрешность для калорийности не приведена. Эту погрешность можно рассчитать на основе данных о содержании белков, жиров и углеводов исходя из правила сложения абсолютной погрешности и с учетом ЭЦ белка и углеводов.

Объектом исследования является перечень продуктов, типового циклического меню (поставляемое компьютерной программой «НУТРИОМ»), а также соответствующие этому меню сборник рецептов (табл. 3.6).

Полученные значения в формате «среднее  $\pm$  погрешность» сопоставлены с нормативом потребления для расчета оценки соответствия меню норме. В качестве нормативных значений использованы официальные среднесуточные нормы потребления из «Норм физиологических потребностей» [95].

В целом, наличие информации о диапазоне значений, учитывающих погрешность, позволяет более обоснованно трактовать сопоставляемые с нормой величины по сравнению с традиционным подходом, использующим только средние значения [58]. Как следствие, данные об отклонениях позволяют нутрициологу оперативно выявлять недостатки в питании пациента и корректировать его рацион питания.

Таблица 3.6 – Нутриентный состав рациона на день с рассчитанной погрешностью

Продукты	Порция	Белок				Жиры				Углеводы				Калорийность		
		Норма на 100 гр.	$\delta$ , %	$\Delta$	Масса в рациионе	Норма на 100 гр.	$\delta$ , %	$\Delta$	Масса в рациионе	Норма на 100 гр.	$\delta$ , %	$\Delta$	Масса в рациионе	Ккал на 100 гр.	Погрешность	Ккал в рациионе
1-й прием пищи (завтрак)																
Яичница глазунья	120,0	12,9	7,0	1,1	15,5	20,9	10,0	2,5	25,1	0,9	13,0	0,1	1,1	243,0	27,5	291,6
Хлеб зерновой пшеничный	75,0	7,6	7,0	0,4	5,7	0,8	13,0	0,1	0,6	49,2	10,0	3,7	36,9	235,0	17,1	176,3
Кофе на молоке	240,0	0,7	12,0	0,2	1,7	1,0	13,0	0,3	2,4	11,2	10,0	2,7	26,9	58,0	14,4	139,2
2-й прием пищи (обед)																
Борщ с капустой и картофелем	200,0	3,8	5,0	0,4	7,6	2,9	10,0	0,6	5,8	5,4	32,0	3,5	10,8	61,6	3,0	123,2
Жарка жирных рыб (семга)	150,0	20,0	7,0	2,1	30,0	8,1	11,0	1,3	12,2	0,0	11,0	0,0		153,0	9,0	229,5
Салат зеленый с огурцами	150,0	1,5	12,0	0,3	2,3	4,1	10,0	0,6	6,2	2,2	13,0	0,4	3,3	52,0	8,3	78,0
Кофе на молоке	240,0	0,7	12,0	0,2	1,7	1,0	13,0	0,3	2,4	11,2	10,0	2,7	26,9	58,0	14,4	139,2
3-й прием пищи (полдник)																
Чай с молоком	200,0	0,7	12,0	0,2	1,4	0,8	13,0	0,2	1,6	8,2	10,0	1,6	16,4	43,0	9,1	86,0
Жарка (сырники)	150,0	18,6	7,0	2,0	27,9	3,6	5,0	0,3	5,4	15,2	8,0	1,8	22,8	183,0	6,0	274,5
4-й прием пищи (ужин)																
Пюре картофельное	100,0	2,1	12,0	0,3	2,1	0,8	13,0	0,1	0,8	14,7	10,0	1,5	14,7	75,0	7,8	75,0
Кабачки, фаршированные мясом и рисом	150,0	6,0	14,0	1,3	9,0	7,7	24,0	2,8	11,6	7,3	26,0	2,8	11,0	123,0	18,0	184,5
Чай с молоком	200,0	0,7	12,0	0,2	1,4	0,8	13,0	0,2	1,6	8,2	10,0	1,6	16,4	43,0	9,1	86,0
Всего	1975,0	106,2 $\pm$ 8,4				75,5 $\pm$ 8,1				187,1 $\pm$ 22,5				1883,0 $\pm$ 143,6		
Норма	-	63				60				252				1700		
Отклонение	-	43,2 $\pm$ 8,4				15,5 $\pm$ 8,1				-64,9 $\pm$ 22,5				1883,0 $\pm$ 183,0		

Аналогичные результаты расчетов по всем нутриентам и за любой отрезок времени возможно получить автоматически благодаря соответствующему алгоритму работы ИС (рис. 3.8).

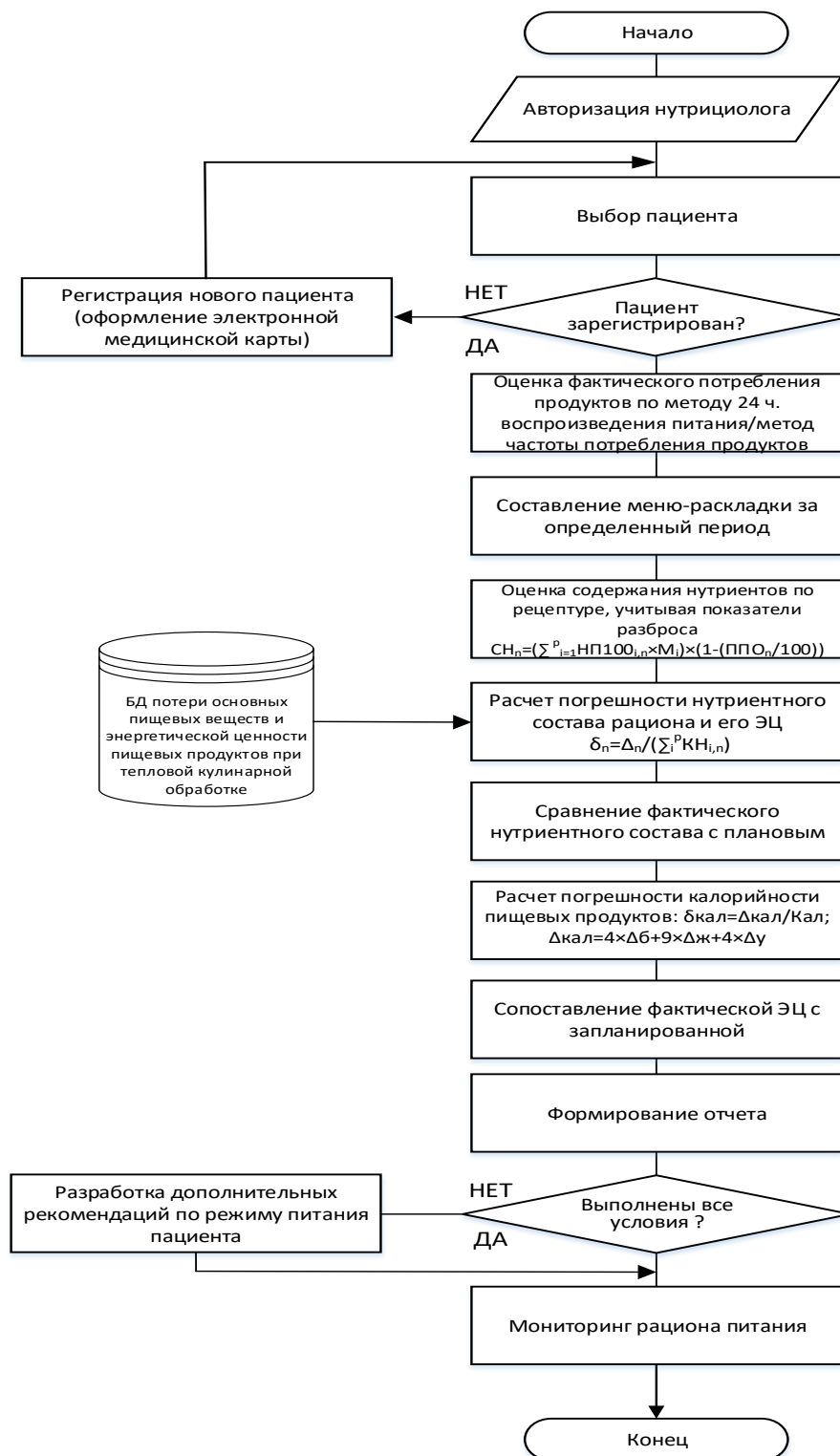


Рисунок 3.8 – Алгоритм корректировки и выбора рассчитанных рационов питания и меню на заданный горизонт планирования

Таким образом, предложенный подход к расчету оценки химического состава продуктов питания, учитывающий погрешности сведений о нутриентном составе, адекватно отражает реальную ситуацию. Следует отметить, что математическое обоснование правомерности использования результатов расчета итоговой характеристики дисперсии в виде конкретного распределения не входит в задачи исследования. Это связано с отсутствием данных о статистиках распределения нутриентного состава большинства продуктов питания. В тоже время, изложенная методология позволяет дать лишь определенную оценку нутриентного состава рациона питания с учетом что все данные, имеют нормальное распределение. В связи с чем «модель», полученная в результате этих расчетов, является более совершенной оценкой по сравнению с существующей, основанной лишь на средних значениях. В результате это позволит нутрициологу в любой момент внести адекватные реальной ситуации корректировки рациона.

### Выводы по главе 3

1. Антропометрия как совокупность приемов и методов является базовым инструментом в оценивании особенностей и состояния человеческого тела. Для нивелирования вероятности возникновения ошибок разработан алгоритм оценивания антропометрических данных, процентного содержания жировой ткани, ИМТ, типа телосложения, типа распределения жировой ткани нутрициологом. Реализация его в рамках разработанной ИС способствует комплексному формированию входной информации для диагностической деятельности нутрициолога.

2. Интегральным показателем качества питания человека является характер питания, демонстрирующий взаимосвязь между состоянием здоровья и фактическим питанием с учетом аккумулярованного воздействия факторов среды обитания человека. В качестве базового метода при исследованиях фактического питания нутрициологом следует выбрать именно метод 24-часового опроса, который применяют в качестве эталонного метода при проведении валидации

других инструментов расчета оценки питания. Для эффективного использования его в практической деятельности нутрициологом разработан алгоритм формирования анкет по методу 24-часового опроса питания в компьютерной среде.

3 Для оценивания общей картины потребления продуктов или фиксирования продуктов, потребляемых эпизодически пациентом, разработано алгоритм формирования анкет по методу анализа частоты потребления в компьютерной среде. Этот метод основывается на использовании анкеты, которая позволяет оценить частоту потребления отдельных видов пищевых продуктов и блюд (с учетом их объема или массы) за определенный период. Главной предпосылкой для обеспечения эффективности этого метода является разработка вопросника, который включает продукты или группы продуктов и блюд, соответствующих целям и задачам исследования.

4. В исследовании для расчёта суточных энергозатрат используется таблично-хронометражный или расчетный метод. На этапе определения калорийности и расчета оценки качественного состава фактического суточного пищевого рациона используют метод расчета по меню-раскладке, основываясь на таблицах химического состава Российских пищевых продуктов. Для минимизации физических затрат и максимизации эффективности рекомендаций нутрициолога разработан алгоритм определения и визуализации химического состава и ЭЦ фактического рациона питания и меню.

5. В общей структуре заболеваний заболеваемость АЗЗ у населения России на протяжении ряда лет входит в число лидирующих (3 и 4 место соответственно в структуре общей заболеваемости) и имеет тенденцию к росту. В исследовании детально рассмотрено профилактику развития АЗЗ, что позволило разработать алгоритм формирования исключений пищевых продуктов и блюд в БД с учетом имеющихся АЗЗ, пищевых предпочтений, а также с учетом гликемических индексов пищевых продуктов, величины содержания в них критически значимых пищевых веществ в компьютерной среде.

6. Существующие лечебные диеты и общие принципы рационального питания подходят для разработки групповых рационов питания на первом этапе

консультирования пациента нутрициологом. После определенного пробного периода они все будут корректироваться с учетом физиологических и психических особенностей человека. Это большой труд, который не только требует много времени, но и физических затрат. Чтобы минимизировать эти затраты и сделать работу нутрициолога более эффективной был разработан алгоритм расчета вариантов групповых и индивидуальных меню из перечня продуктов по заданным параметрам и из рационов.

7. В результате исследования разработаны алгоритмы сбора и обработки данных в информационной системе нутрициолога, включающие: алгоритм формирования исключений пищевых продуктов и блюд в базе данных с учетом имеющихся алиментарно-зависимых заболеваний, пищевых предпочтений, гликемических индексов пищевых продуктов, величины содержания в них критически значимых пищевых веществ; алгоритм оценивания антропометрических данных, процентного содержания жировой ткани, индекса массы тела, типа телосложения, типа распределения жировой ткани нутрициологом; алгоритм конструирования анкет по методу 24-часового воспроизведения питания и их обработки; алгоритм определения и визуализации химического состава и энергетической ценности фактического рациона питания и меню; алгоритм формирования анкет по методу анализа частоты потребления и их обработки; алгоритм расчета вариантов групповых и индивидуальных меню из перечня продуктов по заданным параметрам и из рационов; алгоритм корректировки и выбора рассчитанных рационов питания и меню на заданный горизонт планирования. Комплексное внедрение этих алгоритмов обеспечивает реализацию персонализации, предикции, превентивности и партисипативности деятельности нутрициолога



## ГЛАВА 4 РЕАЛИЗАЦИЯ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДЛОЖЕННЫХ РЕШЕНИЙ

### 4.1 Общая технология применения разработанных решений в деятельности нутрициолога

При разработке ПО в условиях изменяющихся требований и высокой неопределённости предметной области целесообразно применять подход семейства Agile, основополагающей идеей которого является частая смена итераций с получением на каждой итерации работающего программного образца, который может реализовать не весь функционал, заложенный на этапе постановки задачи и анализа требований [32].

Внедрение гибких процессов семейства Agile предполагает решения ряда задач: обязательное наличие полного комплекта документации на разработанное ПО, что противоречит основному принципу гибких процессов разработки; снижение качества программного продукта в случаях отсутствия возможности получения новой версии за короткую итерацию; выполнение проектов в жесткой функциональной структуре организации, что препятствует внедрению принципа самоорганизующихся команд [45].

Для преодоления описанных препятствий в рамках исследования создана модель разработки ИС в нотации диаграммы деятельности языка UML. В основе ее лежит интеграция инкрементной и итеративной разработок с параллельным формированием программной документации (рис. 4.1). На практике, принимая во внимания специфику предметной области (деятельность нутрициолога), наиболее эффективной длительностью итерации является 24 часа. При этом, завершение итерации совпадает с ежедневным подведением итогов (метод 24-часового воспроизведения питания). В связи с чем, на планирование и блокировку итерации отводится порядка 2 часов, в процессе которой формируется план выполнения, который содержит перечень задач на итерацию с учётом приоритетности их выполнения, а также соответствующих им исполнителей.

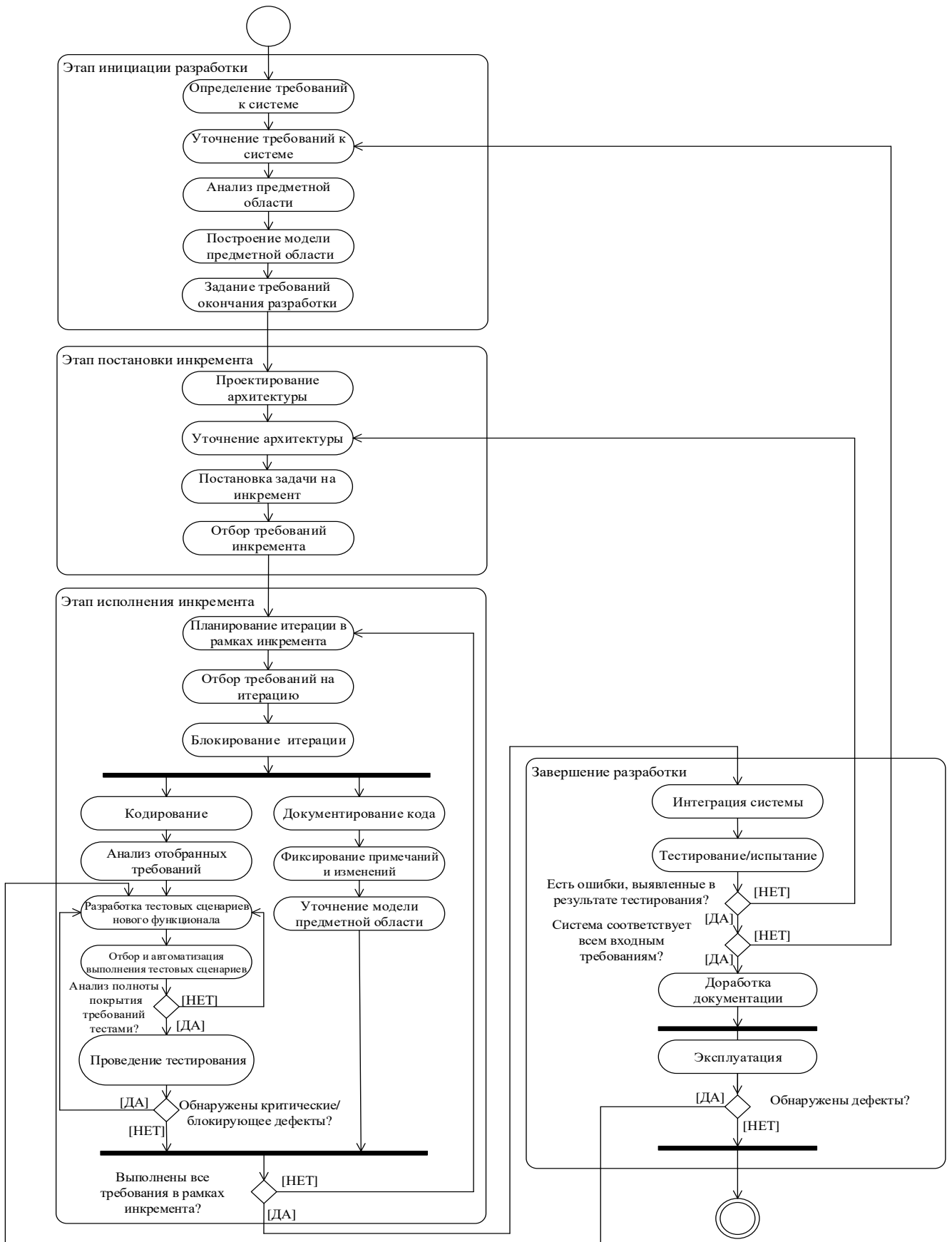


Рисунок 4.1 – Модель жизненного цикла разработки программного образца в рамках исследования

По завершению интеграции производятся тестирование и проверка всей системы на наличие ошибок. После устранения ошибок система тестируется на соответствие исходным требованиям. Заключительным процессом этапа завершения разработки является процесс доработки документации [45].

Развитие подхода Agile привело к появлению улучшенной методологии DevOps, ориентированной на операционные аспекты [5]. Проведенный в [14] множественный регрессионный анализ показал тесную взаимосвязь DevOps и качества ИС, определяемый формулой (4.1):

$$SQ = 1,409 + 0,176 (C) + 0,227 (A) + 0,096 (M) + 0,172 (S), \quad (4.1)$$

где  $SQ$  – качество разрабатываемого программного обеспечения;

$C$  – квалификация программиста;

$A$  – уровень автоматизации разработки программного обеспечения;

$M$  – количество циклов тестирования программного обеспечения;

$S$  – уровень взаимодействия разработчиков и заказчика.

Анализ работ по внедрению ИТ по разработке ИС показал эффективность использования таких методов как: управляемое тестирование, управляемое поведение, приемочное тестирование. При этом, важно учитывать разработку ИС на основе управляемого тестирования и разработку на основе управляемого поведения, которые обеспечивают общее понимание ожидаемых операций и функциональности приложения среди всех членов группы (экспертов, пользователей, разработчиков, тестировщиков и других специалистов). Каждый должен нести ответственность за качество ИС [12].

Именно использование методологии DevOps обеспечивает активное взаимодействие разработчиков с заказчиками и специалистами по технологическому обслуживанию ПО, взаимно интегрируя их рабочие процессы друг с другом для повышения качества ПО. Разработка и изменение ПО с использованием методологии DevOps позволяет реализовать непрерывный конвейер поставки ПО, в котором новые его функции автоматически тестируются в производственной среде, а затем утверждаются для ввода в эксплуатацию.

Для отслеживания изменений и повторного использования кода программисты используют большое количество принципов работы: автоматизация задач, предметно-ориентированные языки (DSL), простые текстовые файлы и системы контроля версий [5, 153]. Развитие их привело к появлению таких инструментов, как Chef, Puppet, SmartFrog и Vagrant. Используя сценарии установки виртуальных машин для организации испытаний ПО, экспертам обеспечивают виртуальную среду, необходимую для его тестирования [145].

Использование системы управления версиями ПО приводит к однозначному отображению конфигурации среды, обеспечивая возможности: более легкого перехода к предыдущей конфигурации, если изменения вносят нестабильность; улучшения тестирования; повышения уровня коммуникации между группами разработчиков и экспертов. Разработчики ПО могут протестировать свой код в производственной среде, используя виртуализацию. Администраторы могут включать идентификатор редакции производственной среды, в которой обнаружен дефект, и помогать разработчикам воспроизвести условия работы ИС. При этом, развертывание ПО полностью контролируется заказчиком поскольку серверы, на которых работает ПО, находятся в его собственности.

С целью минимизации временного лага для внедрения новых функциональных возможностей в рабочей среде следует максимально автоматизировать процесс загрузки, компиляции, испытаний и установки всего стека ПО для проекта.

К увеличению длительности испытаний ПО приводит некомпетентность в технических вопросах экспертов представителей заказчика и отсутствие возможности их постоянного присутствия в месте, где развернут программный макет. Для решения этой задачи необходимо реплицировать конфигурацию ИС эксперта в виртуальных средах для запуска испытаний.

Еще одной проблемой при проведении испытаний ПО является взаимодействие ЛПП: когда несколько проектов находятся в одной и той же проблемной области или имеют очень похожие архитектуры. В таком случае имеет смысл разработать ПО для повторного использования. Информация о точной

аппаратной инфраструктуре выполнения ПО будет доступна только при его развертывании, поэтому сценариям IaC необходимо будет выбрать правильный вариант и применить конфигурации для конкретных устройств, возможно, даже перекомпилировать код для оптимальной работы в локальной системе. В этом примере вариативность архитектуры ПО будет отражена непосредственно в сценариях IaC.

IaC вместе с виртуализацией также трансформирует способ организации и проведения испытаний ПО. Кроме того, эксперты не могут просто установить необходимое ПО, потому что это может нарушить работу других экспертов. Если произойдет обновление установленной библиотеки, это может повредить работоспособность уже развернутых приложений [153].

При физическом моделировании результаты часто бывают довольно сложными и подтвердить ручными расчетами их очень трудоемко. Это еще одна проблема в процессе проведения испытаний ПО [73]. Решением обозначенной проблемы является использование технологии, обеспечивающей повсеместный удобный сетевой доступ по запросу к общему пулу конфигурируемых вычислительных ресурсов (сетей, серверов, хранилищ, ПО и сервисов), которые могут быть быстро предоставлены и развернуты с минимальным количеством участвующих лиц [26, 41].

Таким образом, основываясь на результатах анализа работ [37, 145] в разрезе исследования предлагается использовать услуги IaaS и PaaS. Служба IaaS предполагается использовать как виртуальных, так и физических машин, с эластичностью облачных вычислений, что является значительным преимуществом для приложений, требующих высокую производительность. Использование службы PaaS, в свою очередь, позволит разработчикам загружать специально упакованные приложения, не беспокоясь об ОС или установленных библиотеках, общего и специального ПО.

Однако существует ряд проблем загрузки ПО в облако. Многие из таких программ очень требовательны к вычислениям и используют числовые библиотеки, написанные на Fortran, C и C ++, а также библиотеки параллельного

программирования (Message Passing Interface, MPI) [37]. MPI предполагает существование фиксированного количества машин, которые будут доступны от начала до конца вычислений. В связи с чем он не может использовать преимущества эластичного масштабирования в облаке во время вычислений. В зависимости от структуры и приложения его можно развернуть на PaaS. В противном случае его необходимо развернуть на IaaS.

При этом, разработка информационно-расчетных приложений для PaaS является довольно сложной задачей из-за ориентированности этих платформ на разработку веб-приложений [47]. В свою очередь, IaaS дает разработчику больше контроля, поскольку он может выбрать, какая ОС будет работать на виртуальной машине, которой он управляет, и какие библиотеки будут установлены. Настройка этих виртуальных машин и развертывание ПО может потребовать большего времени. Существуют инструменты IaC, например, Chef и Puppet, которые автоматизируют настройку виртуальных сред.

Каждому из способов виртуализации свойственны свои достоинства и недостатки. В конкретных задачах каждому из них найдется своё место в зависимости от области применения и технических возможностей. Отличия виртуализации на основе применения гипервизорной и контейнерной технологий представлены на рис. 4.2.



Традиционная архитектура    Гипервизорная архитектура    Контейнерная архитектура

Рисунок 4.2 – Различие между виртуализацией с использованием гипервизора и контейнерной виртуализацией

Для автоматизации развёртывания и управления ПО в среде контейнерной виртуализации для ПП испытаний в разрезе исследования использовано специальное ПО Docker (рис. 4.3). Это платформа виртуализации с открытым исходным кодом на уровне ОС, которая позволяет: «упаковать» изолированное ПО со всем его окружением и зависимостями в контейнер, который может быть клонирован и использован в ИС любого эксперта; позволяет выполнять балансировку нагрузки при передаче сетевых ресурсов в аренду сразу нескольким пользователям; предоставляет среду по управлению контейнерами [11].

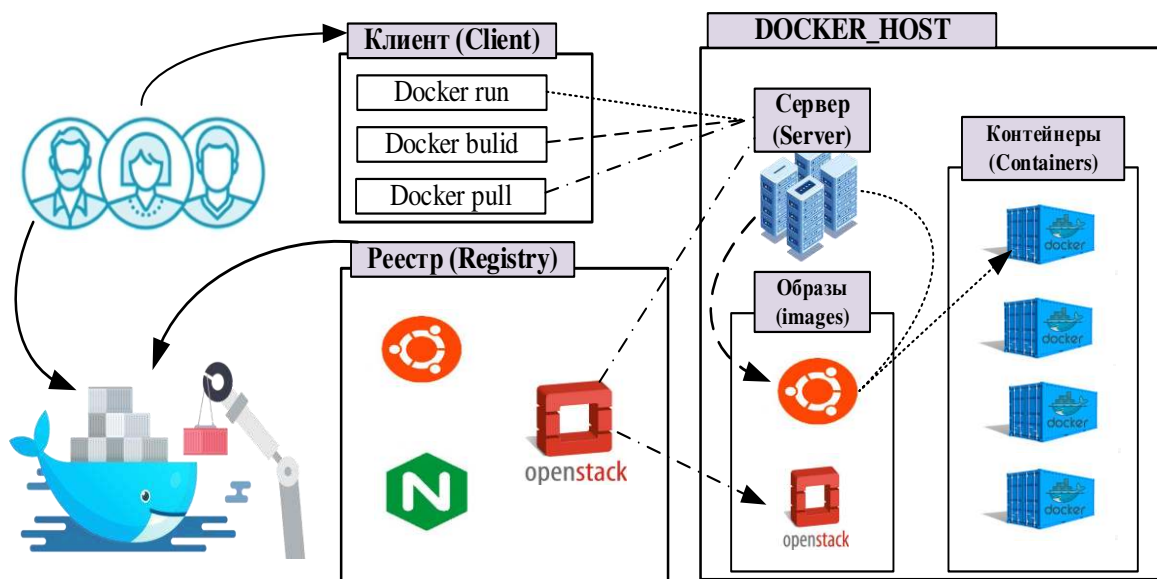


Рисунок 4.3 – Основные компоненты Docker

В отличие от «разговорных» языков стандарты взаимодействия приложений строго регулируются, одним из них является REST. CLI (инструкции процессоров) использует Docker REST API для управления или взаимодействия с службой Docker посредством сценариев команд или прямых команд CLI. Многие другие приложения Docker используют базовый API и CLI. Docker позволяет выделять и изолировать ресурсы, которые есть у виртуальной машины, и обеспечивает лучшие возможности для переноса ПО. Использование контейнеров особенно актуально в тех случаях, когда достаточно одной ОС [13]. При этом, контейнеры не являются полноценной виртуальной средой, так как они делят ресурсы общего запущенного ядра одной физической машины [41].

Docker позволяет разбить проект на небольшие независимые удобные в сопровождении компоненты, работая с которыми эксперты смогут оценивать их на всех этапах жизненного цикла ИС.

Каждый Docker-образ включает в себя сервис (набор сервисов), окружение для его запуска и необходимые настройки, а Docker-контейнер является исполняемым экземпляром образа. Разработчики и эксперты могут создавать, запускать, останавливать, перемещать или удалять контейнер, используя Docker API или консольные команды.

В свою очередь, организация внедрения изменений в ПО происходит мгновенно, посредством переключения настроек на новые контейнеры. Новые образы можно создавать из специального сценарного файла, предусмотрена возможность записать все сделанные в контейнере изменения в новый образ. Все контейнеры и команды могут работать как с Docker-сервером локальной системы, так и с любым доступным в сети защищенным сервером. С помощью Docker Registry имеется возможность создания репозитория для хранения готовых преднастроенных образов контейнеров. Таким образом, разработчик или эксперт может использовать контейнер из доверенного репозитория с требуемым для выполнения задания набором библиотек и лицензий [31].

Благодаря «легковесности» контейнеров Docker их можно использовать в качестве рычага виртуализации, а простоте миграции – Docker становится идеальным решением для запуска микросервисов проведения испытаний ПО.

Разработана ИС «Нутриом» для информационной поддержки профессиональной деятельности нутрициологов (проведение онлайн консультации и сопровождение пациентов), которая позволяет специалисту по гигиене питания проводить диагностику и составлять индивидуальные рекомендации по питанию: коррективка веса, коррекция здоровья, профилактика и лечение АЗЗ, нормализация обмена веществ, укрепление иммунитета, поддержание оптимального физического состояния организма и т.д.

Функциональные возможности ИС «Нутриом» являются:



- автоматический сбор, обработка, накопление и хранение данных (информации) о пациентах;
- автоматический анализ фактического рациона питания (автоматическое формирование пищевого дневника пациента) и формирование схемы питания с вариантами меню, исходя из особенностей здоровья пациента и его предпочтений;
- создание персональных рационов в ручном или автоматическом режимах;
- онлайн консультирование и сопровождение пациентов нутрициологом;
- защищенное хранение БД нутрициологов и пациентов в РР, возможность хранения всех транзакций ИС;
- устойчивость БД к кибератакам;
- автоматический расчёт химического состава блюд с учётом механической подготовки и термообработки ингредиентов;
- автоматический мониторинг жизнедеятельности пациентов с возможностью оперативной корректировки их рациона питания и физической нагрузки;
- централизованное обновление ПО ИС на удаленных устройствах;
- возможность онлайн-доступа 24/7 пользователей ИС с любого устройства, имеющего доступ к сети Интернет.

В рамках диссертационного исследования разработан прототип ИС, позволяющий комплексно автоматизировать деятельность нутрициолога, а также обеспечение сопровождения его пациентов при проведении анализа фактического питания и разработки рационов питания и меню на заданный горизонт планирования, для централизованного сбора статистической информации о режимах питания и изменении антропометрических показателей пациентов при применении разработанных индивидуальных рационов питания.

ИС разработана на основе:

- общего ПО: операционные системы и операционные оболочки (ОС семейства Microsoft Windows, ОС Android 7.0 и выше, iOS 12 и выше); программные средства ведения БД (ОС CentOS Linux 7/8); программные средства организации диалога;

– специального ПО: Astra Linux, Django.

Разработанная ИС состоит из следующих взаимосвязанных подсистем (рис. 4.4):

1. Нутрициолог: личный кабинет нутрициолога, который сохраняет основную информацию о специалисте гигиены питания (место работы, приемное время, стаж профессиональной деятельности, направления профессиональной деятельности, патенты, сертификаты, свидетельства и др.);
2. Пациент: личный кабинет пациента, в котором хранятся персональные данные физического лица и аккумулируются его медицинские данные;
3. Цифровая регистратура;
4. Автоматизированная система диагностики, контроля и коррекции здоровья;
5. Базы данных;
6. Базы данных результатов медицинских исследований: предоставляет результаты медицинских исследований (клинические анализы, УЗИ и др.);
7. Медицинская информационно-справочная система;
8. Система поддержки принятия врачебных решений;
9. Интернет-портал.

Суть работы подсистемы «Цифровая регистратура» состоит в следующем: пациент, после входа в свой личный кабинет, открывает вкладку «Цифровая регистратура», в которой отображаются все зарегистрированные в ИС «Нутриом» нутрициологи. Осуществив выбор, пациент получает на экране информацию о его профессиональной деятельности специалиста. Выбрав удобное для себя свободное время приема (чаще всего, его называют электронным номерком), пациент производит запись на него, указывая свои ФИО, телефон или электронную почту, полис ОМС. Пациент может выбрать формат проведения консультации (онлайн или офлайн): эта информация отображается в запросе с конкретизацией времени проведения консультации. Расписание в «Цифровой регистратуре» открывают на ограниченное время – до 4 недель. После записи пациента на конкретный номерок, начинает работать система оповещений – через электронную почту или SMS-уведомления.

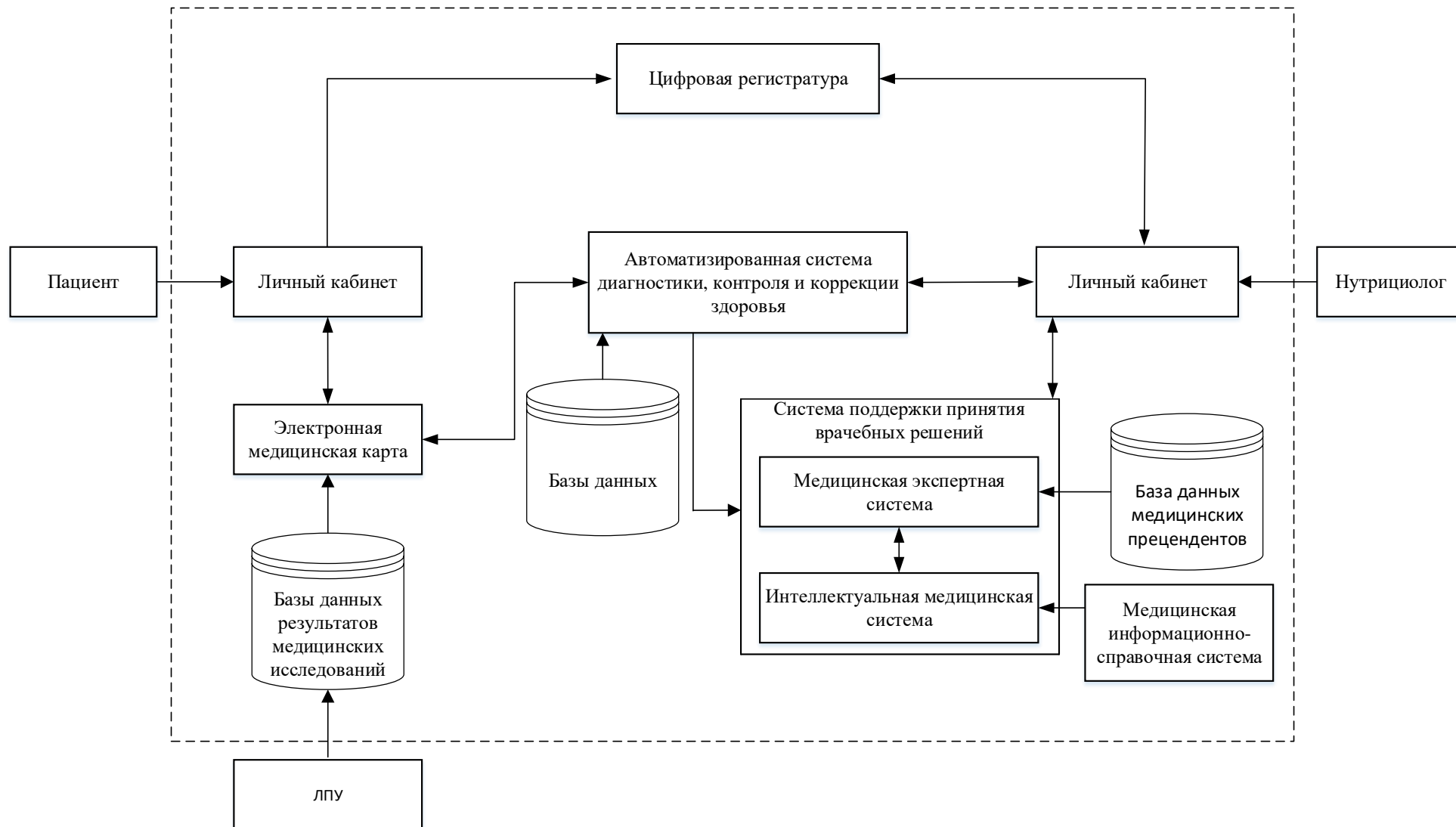


Рисунок 4.4 – Обобщенная схема ИС «Нутриум»

Основной задачей подсистемы «Автоматизированная система диагностики, контроля и коррекции здоровья» является расчёт персонализированного рациона питания и меню с учётом особенностей человека, антропометрических данных, состояния здоровья и др. Эта подсистема включает следующие модули: «Составление меню», «Прием пациентов».

Модуль «Составление меню» предназначен для автоматического подбора блюд, параметры которых удовлетворяют заданным условиям (диета, вид кулинарной обработки, содержание продуктов и пищевых веществ, ЭЦ и др.). Отобранные блюда распределяются по приемам пищи. При добавлении/замене блюд автоматически пересчитываются ЭЦ, продуктовый и химический составы меню (рис. 4.5 и рис. 4.6). Химический состав и ЭЦ каждого блюда меню рассчитываются с учетом выхода блюда и потерь при кулинарной обработке.

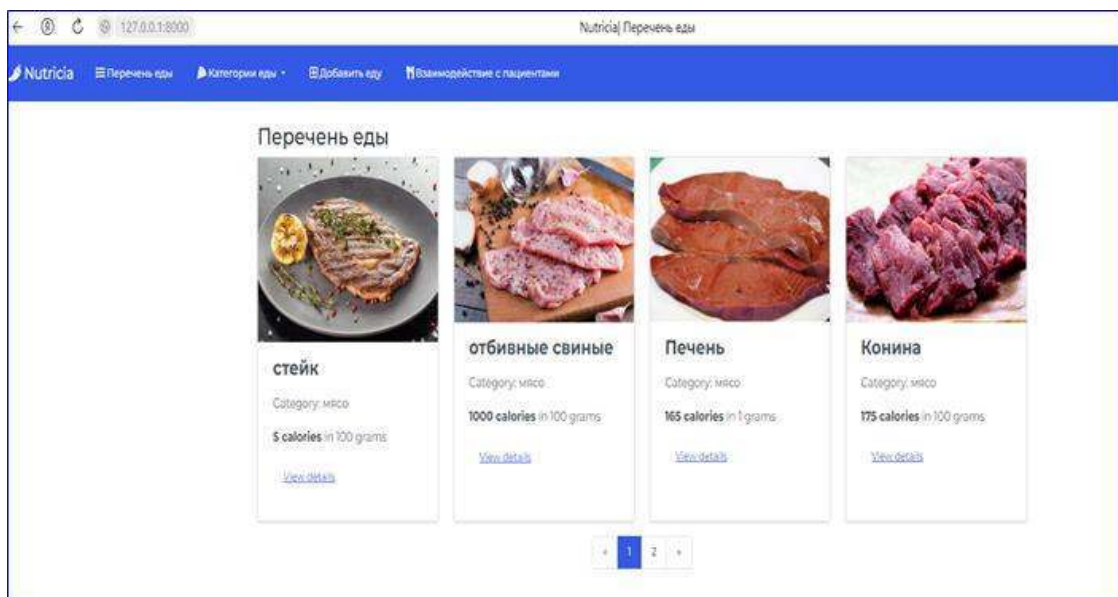


Рисунок 4.5 – Интерфейс подсистемы «Нутриом» (перечень продуктов)

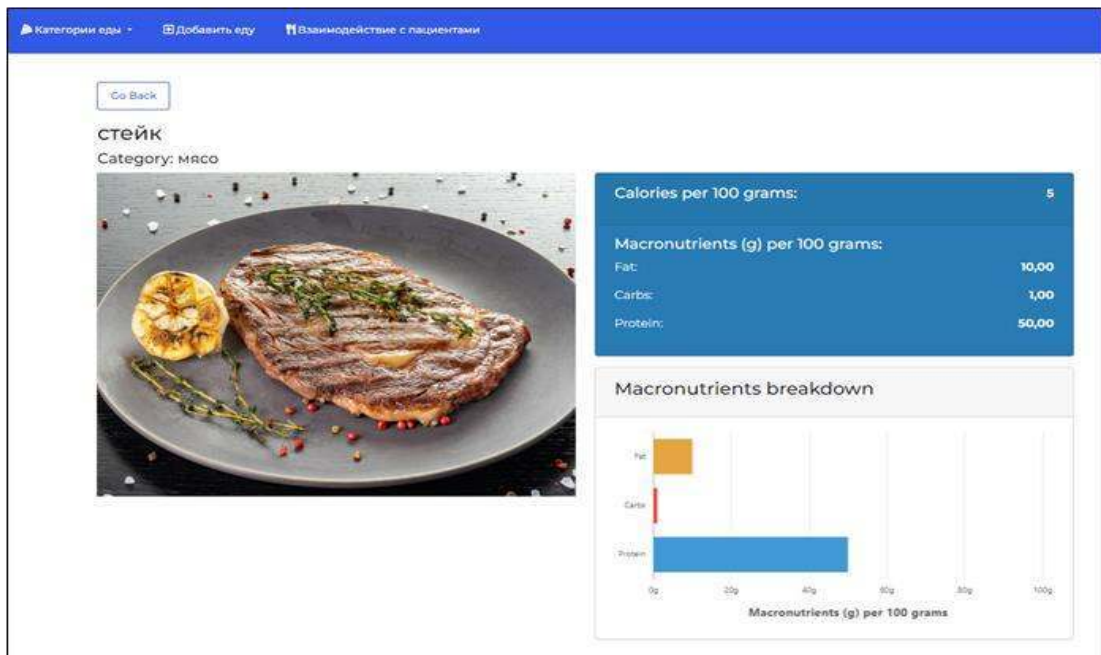


Рисунок 4.6 – Интерфейс подсистемы «Нутриум» (содержание пищевых веществ в продуктах)

Для удобства поиска блюд в картотеках нутрициолог может формировать собственные шаблоны условий подбора блюд для всех вариантов стандартных диет лечебного питания и их последующего использования. Специалисту достаточно скорректировать набор блюд с учетом индивидуальных норм, вкусовых предпочтений, медицинских показаний и противопоказаний. При построении меню ИС проверяет соответствие количества продуктов, пищевых веществ и ЭЦ нормам. Все разработанные и назначенные пациенту индивидуальные рационы и меню хранятся в его ЭМК.

Функциональные возможности модуля «Составление меню» следующие:

- ведение справочника продуктов и картотеки блюд;
- расчет химического состава блюд по продуктовому составу с учетом потерь при кулинарной обработке;
- подбор блюд для меню по заданным условиям (нормам) с учетом индивидуальных противопоказаний и вкусовых предпочтений;
- построение индивидуальных меню рационального, лечебного и спортивного питания;

- расчет продуктового и химического составов меню по приемам пищи, в среднем за день и за период;

- анализ пищевой ценности меню на соответствие установленным нормам.

Инструментарий модуля «Прием пациентов» позволяет произвести анализ фактического питания, ИМТ, базального обмена и энергозатрат с учетом уровня физических нагрузок. При приеме пациентов ведутся записи в ЭМК пациента (объективные данные, жалобы, анамнез, рекомендации, эпикриз, индивидуальные противопоказания и вкусовые предпочтения и др. данные). Накопленные объективные и субъективные данные отражают динамику результатов предписанных рекомендаций по питанию.

Функциональные возможности модуля «Прием пациентов» следующие:

- оценивание фактического питания по продуктовому и химическому составам рациона;

- классификация веса по величине ИМТ;

- расчет величины основного обмена и энергетических затрат;

- внесение данных в ЭМК пациента:

- формирование объективных данных;

- формирование жалоб, анамнеза;

- формирование рекомендаций;

- учет индивидуальных противопоказаний, вкусовых предпочтений;

- формирование эпикриза.

Подсистема «Автоматизированная система диагностики, контроля и коррекции здоровья» позволяет составлять анкету для проведения исследования по методу 24-часового воспроизведения и методу частоты потребления, осуществлять опрос пациента, производить анализ массивов, собранных данных, формировать отчет о питании, на основе которого можно выполнить расчёт минимального и базового набора потребительской корзины. API подсистемы обеспечивают экспорт анкет в подсистему «Нутрициолог» для сбора статистических данных, импорт результатов обследований и опросов в единое облачное хранилище данных, а также экспорт результатов обследований и опросов, содержащихся в хранилище данных,

по входящему запросу (при наличии у пользователя надлежащих прав на доступ к соответствующей информации).

Подсистема «Базы данных» позволяет формировать и поддерживать БД программного комплекса «Нутриом» в актуальном состоянии. Она содержит все необходимые данные для работы: шаблоны меню, справочники продуктов, пищевых веществ, химического состава и ЭЦ продуктов питания, справочники потерь пищевых веществ и калорийности при кулинарной обработке, картотеку блюд, нормы потребления основных продуктов питания, нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных категорий пациентов и многое другое. Программный комплекс «Нутриом» включает следующие БД, у которых программно предусмотрена возможность развития и обновления:

- БД по показателям физического развития разных групп детского и взрослого населения Российской Федерации;
- БД норм физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации;
- БД химического состава пищевых продуктов;
- БД «Сборник рецептур на продукцию для питания различных групп населения»;
- альбом фотографий «Альбом порций и блюд»;
- БД по исключениям пищевых продуктов и блюд из рационов питания для АЗЗ;
- БД типовых рационов питания и меню (3, 4, 5 разовое питание, по составу блюд по приемам пищи и др.);
- облачное хранилище статистических данных.

Подсистема поддержки принятия врачебных решений связывает большие медицинские данные с данными конкретного пациента, тем самым повышая эффективность врача и качество медицинских услуг. Клиническое мышление специалиста объединяется с ИИ для повышения качества диагностики и лечения. Она позволяет оценивать количественные и качественные показатели здоровья пациентов в динамике. Благодаря ИИ внимание врача концентрируется на каждой

стадии заболевания. Контроль индивидуальных характеристик направлен на своевременную коррекцию лечебно-диагностических мероприятий. СППВР снабжает специалиста актуальными клиническими рекомендациями и протоколами. СППВР способна выявить скрытые закономерности, которые может не заметить врач. Алгоритмы предупреждают о возможных осложнениях, например, о повышении уровня глюкозы при сахарном диабете, об инфекции в послеоперационный период, о декомпенсации заболевания. Система выдаёт диагноз, который служит ориентиром для врача. Алгоритм оценивает состояние пациента, используя классификацию в рамках машинного обучения. На выходе нутрициолог получает заключение о состоянии здоровья пациента.

СППВР состоит из следующих подсистем: Интеллектуальная медицинская система и Медицинская экспертная система.

Медицинская экспертная система предназначена для решения медицинских задач. Она основана на алгоритмах, которые используются для анализа и интерпретации больших объемов медицинской информации. Главная ее цель – помочь нутрициологам принимать верные и обоснованные решения на основе имеющихся данных. Она может использоваться для диагностики, предсказания риска заболеваний, определения оптимальной схемы лечения и мониторинга состояния пациента. Ключевую роль в функционировании этой подсистемы составляет принцип вывода оптимального решения: логический вывод, основанный на прецедентах. Наиболее подходящий прецедент определяется сравнением признаков ситуации с признаками прецедентов из базы прецедентов, с помощью так называемого метода «ближайшего соседа», в основе которого лежит тот или иной способ измерения степени близости прецедента и текущего случая по каждому из признаков. Говоря проще, вводится метрика на пространстве всех признаков, в этом пространстве определяется точка, соответствующая текущему случаю, и в рамках этой метрики находится ближайшая к ней точка из точек, представляющих прецеденты.

Интеллектуальная медицинская система предназначено для получения диагностического решения на основании количественных оценок поступающих



симптомов. Под диагностической гипотезой понимается заболевание со значением выходной переменной. В зависимости от величины количественной оценки считают, что заболевание находится в одном из следующих возможных состояний: неактивный кандидат; потенциальный кандидат; активный кандидат.

Интеллектуальная медицинская система состоит из 4 основных шагов:

– 1-й. Сопоставление: сопоставление симптомокомплексов с имеющимися фактами из рабочей памяти выполняется после утверждения поступающих симптомов;

– 2-й. Разрешение конфликта: выполняется для выбора одного или нескольких наиболее подходящих заболеваний из конфликтного множества. Результатом данного этапа является множество активных заболеваний, а также определяется порядок их выполнения. Для выбора подходящих заболеваний используются критерии – новизна: активнее заболеванию соответствуют факты проявления симптомов, поступающих в рабочую память как самые последние. Для этого необходимо снабжать факты специальным атрибутом времени порождения;

– 3-й. Срабатывание: формирование списка диагностических гипотез определяется таким образом, что, если максимальное значение функции принадлежности итогового нечеткого множества какой-либо переменной заболевания оказывается в диапазоне от 0 до 0.2, то диагностическая гипотеза такого заболевания отбрасывается;

– 4-й. Действие: результатом срабатывания нечетко-продукционных правил является обновление состояния рабочей памяти. В состав результативной информации входят не только список диагностических гипотез и список активизированных правил, а также возможных врачей. Автоматизация и управление 175 специалистов, к которым пациенту нужно обращаться. Кроме того, обеспечивается возможность формирование анкет с ответами на вопросы в случае, если пациент соглашается или отказы с диагностическим решением перед выходом из системы.

Подсистема «Интернет-портал» предназначена для создания представительства Программного комплекса «Нутриом» в интернет-пространстве,

организации личных кабинетов нутрициологов, оформления подписки на информационные рассылки. С этой целью должны быть реализованы:

- главная страница портала, раскрывающая возможности Программного комплекса;
- раздел технической поддержки с формой обратной связи и возможностью загрузки обновлений ПО и БД;
- страница для нутрициологов с разъяснением процедуры соблюдения конфиденциальности при передаче персональных данных;
- рекламная страница со списком организаций и специалистов-нутрициологов, использующих в своей практике ИС;
- раздел для нутрициологов с возможностью входа в личный кабинет и оформления подписки на информационную рассылку;
- раздел для респондентов, участвующих в анкетировании в режиме онлайн без участия Интервьюера (без регистрации на интернет-портале);
- раздел для администратора интернет-портала (или Программного комплекса в целом) с возможностью редактирования информационных БД.

Доступ к ИС организован с использованием Web-технологий, использование которых позволило интегрировать различные методы обработки и представления данных. Web-интеграция дала возможность более эффективно использовать ИС, повысить ее управляемость и снизить финансовые издержки на ее содержание, контролировать загруженность ее технической основы, упростить взаимодействие между нутрициологом и пациентом.

Для обеспечения аутентификации и идентификации пользователей, авторизации и разграничения доступа в разработанной информационной системе используются следующие пользователи: «Нутрициолог», «Пациент», «Администратор распределенного реестра данных», «Администратор информационной системы».

Пользователю «Нутрициолог» доступна для просмотра вся необходимая информация о пациенте, а также возможность составления необходимой

документации. Схема функционирования Программного комплекса «Нутриом» для пользователя «Нутрициолог» следующая:

– 1-й этап. Анкетирование и сбор диетanamнеза: нутрициолог предоставляет пациенту доступ к анкете и дневнику питания или заполняет их сам со слов пациента. На основе сформированной ЭМК оценивает метаболизм, фактическое питание, наличие заболеваний, пищевые предпочтения и другие особенности пациента. После сбора первичной информации с помощью разработанных алгоритмов (алгоритм оценивания антропометрических данных, процентного содержания жировой ткани, ИМТ, типа телосложения, типа распределения жировой ткани нутрициологом (п. 3.1), алгоритм определения и визуализации химического состава и ЭЦ фактического рациона питания и меню (п. 3.3), алгоритм формирования исключений пищевых продуктов и блюд в БД с учетом имеющихся АЗЗ, пищевых предпочтений, гликемических индексов пищевых продуктов, величины содержания в них критически значимых пищевых веществ (п. 3.4), алгоритм расчета вариантов групповых и индивидуальных меню из перечня продуктов по заданным параметрам и из рационов (п. 3.5)) производится автоматизированная обработка анкеты пациента, а полученные результаты направляются в электронном виде нутрициологу. В отчете содержится наглядная информация и инфографика о составе тела образе жизни, факторах риска, дефицитах и избытках в рационе пациента;

– 2-й этап. Создание рациона: формирование рациона питания пациента в ручном или автоматическом режиме с возможностью корректировки.

– 3-й этап. Формирование отчёта для пациента: содержит инфографику исходного питания, меню с рецептами, рекомендации по режиму питания, активности, организации сна и прочее (PDF-документ формируется автоматически). Сразу после этого отчёт отправляется пациенту удобным выбранным пациентом способом.

– 4-й этап. Сопровождение пациента: на основе полученной информации (алгоритм конструирования анкет по методу 24-часового воспроизведения питания и их обработка, и алгоритм формирования и обработки анкет по методу анализа

частоты потребления (п.3.2)) нутрициолог вносит коррективы в рацион питания пациента (алгоритм корректировки и выбора рассчитанных рационов питания и меню на заданный горизонт планирования (п. 3.6)).

Разработанные алгоритмы для нутрициолога позволяют формировать шаблонные рационы питания пациентов, которые автоматизировано корректируются для пациентов исходя из данных, представленных в анкете, и текущего мониторинга полученных сведений. При необходимости индивидуальная программа питания и нормы потребления пищи корректируются автоматически, что позволяет сформировать актуальную персонализированную программу питания.

В личном кабинете нутрициолог может использовать как типовые схемы рациона питания, так и разрабатывать собственные под различные схемы питания и с учётом правил разных диетологических школ, особенностей состояния здоровья, заболевания и пищевых пожеланий пациентов.

Пользователь с ролью «Пациент» является поставщиком данных для распределенного реестра, вносит данные в таблицы и реестры согласно реализованным администратором реестра формам, он имеет возможности выгрузки данных.

Схема функционирования программного комплекса «Нутриом» для пользователя «Пациент» следующая:

– 1-й этап. Анкетирование и сбор диетanamнеза: пациент выбирает из списка нутрициологов, зарегистрированных в программном комплексе «Нутриом» специалиста, проходит анкетирование и заполняет дневник питания, загружает результаты клинических анализов и анамнез. На основе этих сведений формируется ЭМК пациента. Автоматически сформированный персональный отчет пациента автоматически отправляется нутрициологу. Пациент имеет возможность общения с нутрициологом как лично, так и через личный кабинет. В личном кабинете реализована функция чата с нутрициологом, в котором можно обсудить вопросы личного рациона, получить ответы на интересующие вопросы (рис. 4.7).

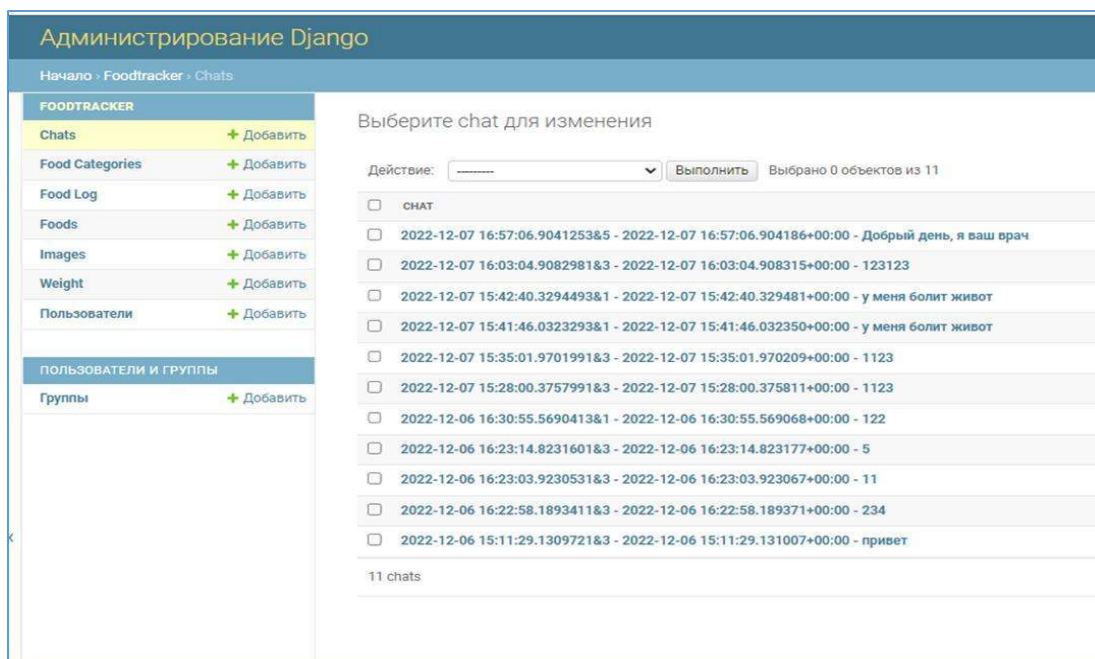


Рисунок 4.7 – Интерфейс чата с нутрициологом в ИС «Нутриом»

– 2-й этап. Получение отчёта от нутрициолога: содержит инфографику исходного питания, меню с рецептами, рекомендации по режиму питания, активности, организации сна и прочее. Через личный кабинет пациент получает индивидуальный рацион питания, который содержит подробные рецепты, информацию о нутриентном составе и список продуктов.

– 3-й этап. Сопровождение пациента: прохождение пациентом анкетирования по методу 24-часового воспроизведения и методу частоты потребления. В результате пациент получает дополнительные рекомендации по питанию и жизнедеятельности.

Пациент имеет возможность самостоятельно сформировать свой рацион автоматизировано на основе существующих шаблонов либо получить его от нутрициолога.

В ИС присутствует роль «Администратор информационной системы», который осуществляет администрирование учетными записями, изменение полномочий профиля учётной записи.

«Администратор распределенного реестра данных» – пользователь, являющийся владельцем реестра, может создавать структуру таблиц, создавать

пользователей и группы в рамках реестра. Имеет доступ к формированию отчета и выгрузке данных.

Внешний вид формы регистрации пользователя представлен на рис. 4.8.

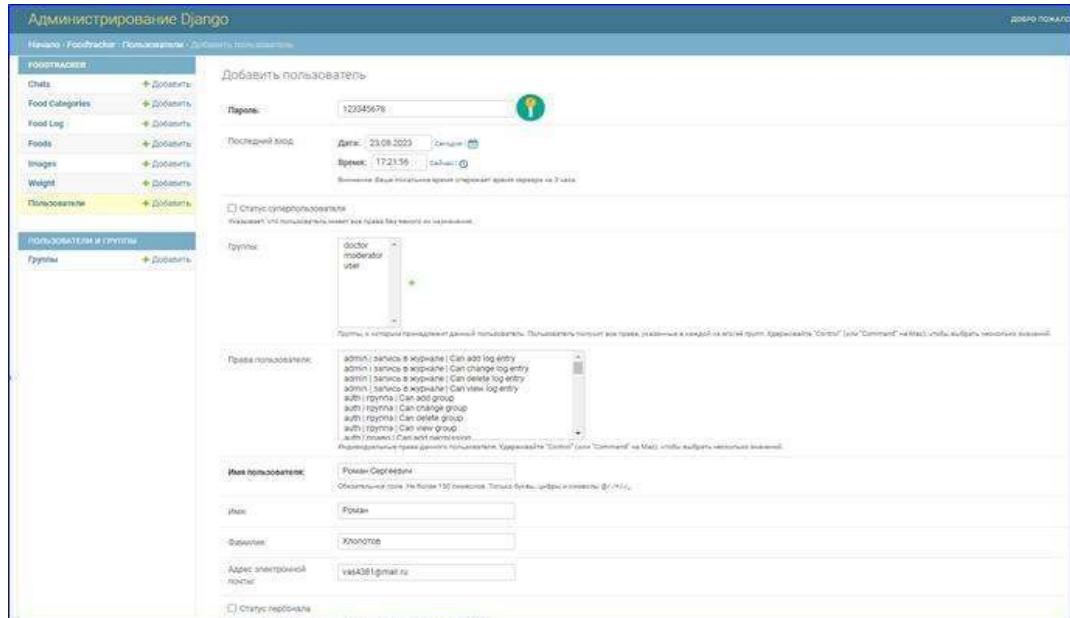


Рисунок 4.8 – Интерфейс регистрации новых пользователей в ИС «Нутриом»

Для регистрации на сайте пользователь должен заполнить анкету и предоставить действующий адрес электронной почты. На него будет выслано письмо с подтверждением регистрации. После завершения регистрации пользователю назначаются все полномочия из БД «Классификатор», предусмотренные для этой категории пользователей.

Для регистрации учетной записи нутрициолога администратору информационной системы необходимо:

1. в меню «Администрирование» выбрать «Пользователи и группы»: на экране отобразится экранная форма для создания новых пользователей;
2. нажать кнопку «Регистрация пользователя» в верхней панели;
3. отобразится форма для регистрации профиля учетной записи;
4. заполнить форму регистрации;
5. выбрать необходимые права пользователей;
6. ввести адрес электронной почты;

7. нажать кнопку «зарегистрировать»: отобразится окно для подтверждения на регистрацию профиля учетной записи пользователя.

8. подтвердить создание учетной записи: создается учетная запись пользователя информационной системы.

Зарегистрированному пользователю на указанный им при регистрации адрес электронной почты, направляется уведомление об успешном создании учетной записи.

При разработке ИС особое внимание было уделено безопасности хранения и организации доступа к конфиденциальным данным, т.к. ее обеспечение является одним из самых важных вопросов при работе с конфиденциальными данными участников ИС, учитывая существующий уровень киберпреступности. Для информационного взаимодействия между пользователями – данные передаются по защищенному каналу связи с использованием разработанного в работе алгоритма формирования цепочек переходов блоков РР (п. 4.4). Отличительной особенностью организации хранения данных пользователей, обеспечивающей безопасную эксплуатацию ИС, является использование РР.

Таким образом, разработанная ИС, представляют собой «облачное» решение с применением Web-технологий, которое выступает агрегирующей платформой предоставления сервиса как пациентам, так и нутрициологам. Одним из основных преимуществ ИС является автоматизация сложного трудоемкого процесса анализа фактического питания и разработки персонализированных рационов питания и меню на заданный горизонт планирования для потребителей и сократить затраты времени на эти цели с 16 часов (2 рабочих дня) до 3 часов на каждого пациента.

На основании проведенного анализа теоретических подходов, форм и моделей виртуализации автором разработаны тестовые сценарии для определения рациональных вариантов использования технологий виртуализации с учетом специфики разработки и эксплуатации ИС медицинского назначения. В свою очередь, применение гипервизорной и контейнерной технологий виртуализации при организации архитектуры ПП испытаний позволит сократить время

жизненного цикла разработки и внедрения ПО, организации доступа экспертов к производственной среде и необходимым для испытаний программным модулям.

#### 4.2 Архитектура информационной системы нутрициолога

Для предоставления конечным пользователям кроссплатформенности приложения «Программное обеспечение нутрициолога», «Программное обеспечение пациента» было разработано архитектуру ПП, которая позволила обеспечить: сбор, хранение информации; возможность разработки, испытания ПО и его обновления для различных ОС.

В разрезе исследования, предложено использовать архитектуру ПП (рис. 4.9), которая предполагает использование:

- ПО с открытым исходным кодом (Kubernetes, Docker, PostgreSQL);
- аппаратного гипервизора, который устанавливается на физический сервер и позволяет запускать несколько ОС на одном компьютере (VMware ESXi);
- существующей инфраструктуры сети ГИС «Интернет»;
- гарантированного уровня защиты информации (ТБ);
- одновременной работы с различными ее модулями и компонентами большого количества пользователей.



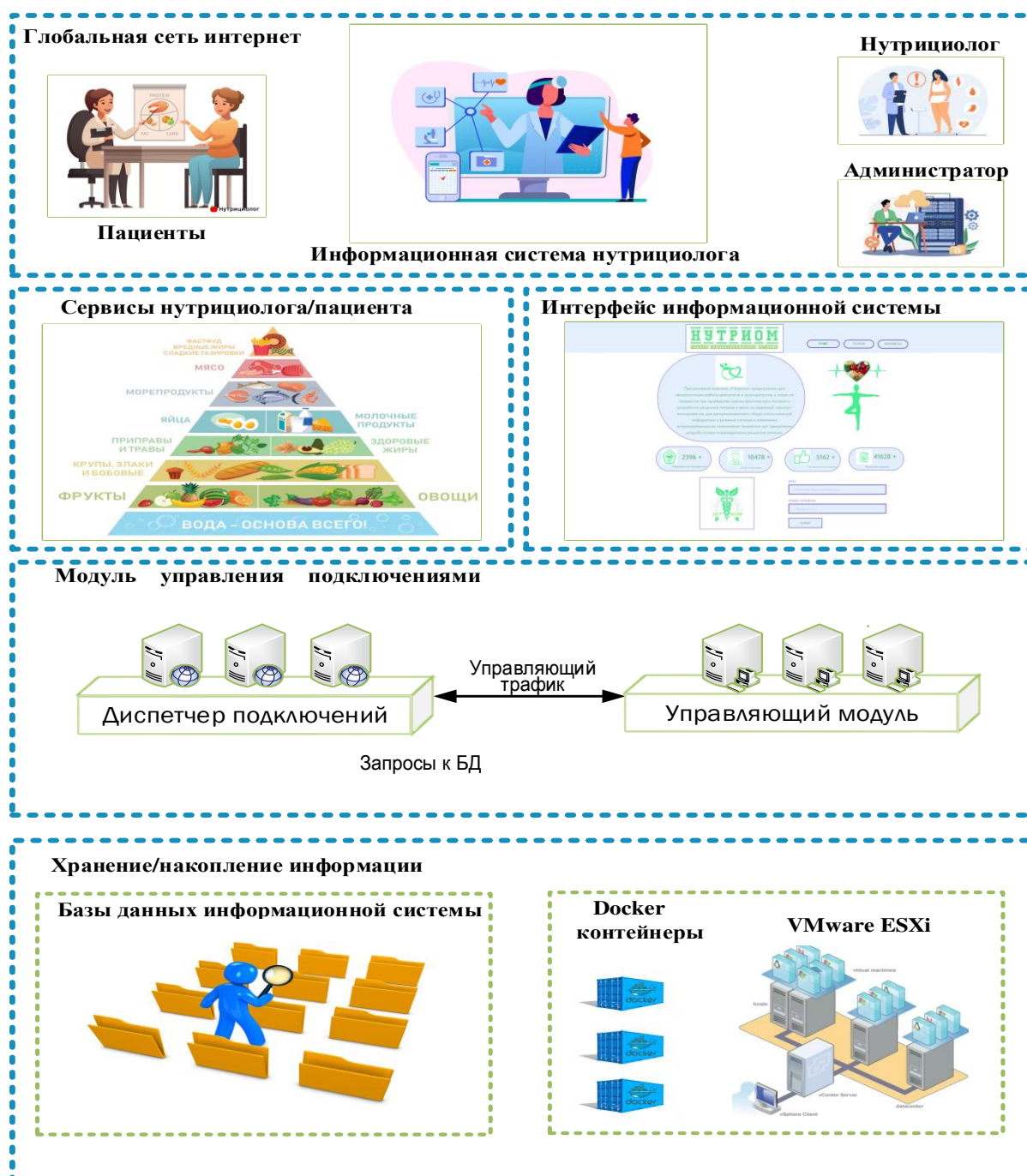


Рисунок 4.9 – Архитектура программной платформы для ИС нутрициолога

Предлагаемое решение состоит из следующих основных модулей: модуль хранения информации, сервисов нутрициолога/пациента, модуля управления, интерфейса взаимодействия, МУП, модуля формирования сети РР. Рассмотрим некоторые аспекты функционирования этих модулей.

ПО типовой ИС пользователя ПП – это клиентское ПО, которое устанавливается на ПК и представляет средства графического интерфейса для

взаимодействия общего ПО со специальным и инфраструктурой ПП. При этом нутрициологом для реализации своей профессиональной деятельности может использоваться как стационарный ПК, так и мобильные устройства на базе ОС Windows, IOS, Android.

Для эффективной работы с пользователями на практике зачастую используют технологии LDAP/Kerberos (каталога (ОС Linux)) или Active directory (ОС Microsoft Windows), которые предусматривают прикрепление для каждой из групп пользователей списка доступных им рабочих столов с предустановленным общим и специальным ПО [142].

В свою очередь, для организации испытаний ПО в ИС пользователя устанавливается клиентское ПО, которое представляет графический интерфейс взаимодействия нутрициолога/пациента с инфраструктурой ПП. Агент ПП ИС нутрициолога/пациента занимается настройкой и запуском протокола доставки рабочего стола. Клиент ПП работает с ДП по двум каналам: управляющему (авторизация, запрос списка рабочих столов, запрос на подключение к рабочему столу) и каналу протокола доставки рабочего стола.

Таким образом, после получения запроса от пользователя ПП через ДП УМ проверяет наличие разрешения ИС на подключение. В случае отсутствия этой ИС в базе, его заносят в базу со статусом «Ожидает разрешения». После этого администратор безопасности принимает решение на подключение или блокировку данной ИС. Для аутентификации пользователей применяются разные технологии: по паре «логин-пароль», по сертификату и двухфакторная аутентификация. В случае угрозы атаки система автоматически блокирует ИС потенциально опасного пользователя.

При этом для МУП является своеобразным «черным пятном» оборудование, на котором работают виртуальные рабочие столы, объединяющим объектом которых является пул ресурсов VMware и Docker. Политика унификации пользователей в ПП испытаний настраивается на ДП в зависимости от роли пользователя в испытаниях. Участникам испытаний конфигурируются разные групповые политики для работы с ДП.

Для обеспечения определенного уровня отказоустойчивости в клиенте ПП испытаний указывается список серверов для подключения к ДП. Для сбалансирования нагрузки между ними необходимый своеобразный «балансировщик», который будет посредством расчета коэффициента текущей загруженности сервера (через API) контролировать подключения к нему пользователей. Так, запрос пользователя ПП испытаний на подключение к виртуальному рабочему столу по управляющему каналу передаются УМ и обратно пользователю испытаний. Трафик же протокола доставки рабочего стола перенаправляет трафик от пользователя напрямую в удаленный рабочий стол [142].

Ключевым субъектом управления и подготовки доступа пользователям к приложениям «Программное обеспечение нутрициолога», «Программное обеспечение пациента» является агент ПП испытаний, который выполняет присваивание пользователям системы имен по заданной маске и подготавливает подключение. Так, при каждой попытке подключения пользователя к системе от УМ поступает команда агенту ПП испытаний на подготовку доступа к требуемым ресурсам. Реализация этой функции предполагает настройку серверной части протокола доставки групповых политик от УМ, порты в firewall для организации подключения с диспетчером и добавление пользователя в локальную группу безопасности (нутрициолог, пациент, администратор безопасности).

В свою очередь, функции связанные с настройкой общего и специального ПО, виртуальных рабочих столов, firewall, разрешений на использование периферийных устройств, локальных дисковых ресурсов, а также с управлением групповыми политиками, переводом рабочих столов экспертов в режим обслуживания, принудительным отключением пользователя ПП испытаний от рабочего стола, подключения в сессию пользователя для оказания технической поддержки, управление виртуальными рабочими столами и контейнерами, отправление сообщения пользователям выполняет администратор безопасности.

В процессе инсталляции приложения с ПП аккумулируется информация об физической конфигурации его пользователя и формируется идентификатор

пользователя (Hardware ID, HWID). УМ производит авторизацию устройства пользователя согласно настроенной политике [142].

Таким образом, предлагаемая архитектура обеспечивает возможность участникам ПП доступа к ИС, используя технологии виртуализации и контейнеризации. С помощью, разработанной ПП реализуется возможность использования предложенной ИС на различных устройствах и обеспечения кроссплатформенности пользовательского интерфейса. Алгоритм работы прототипа, динамически конфигурируемой (гибридной) ИС нутрициолога представлен на рис. 4.10.

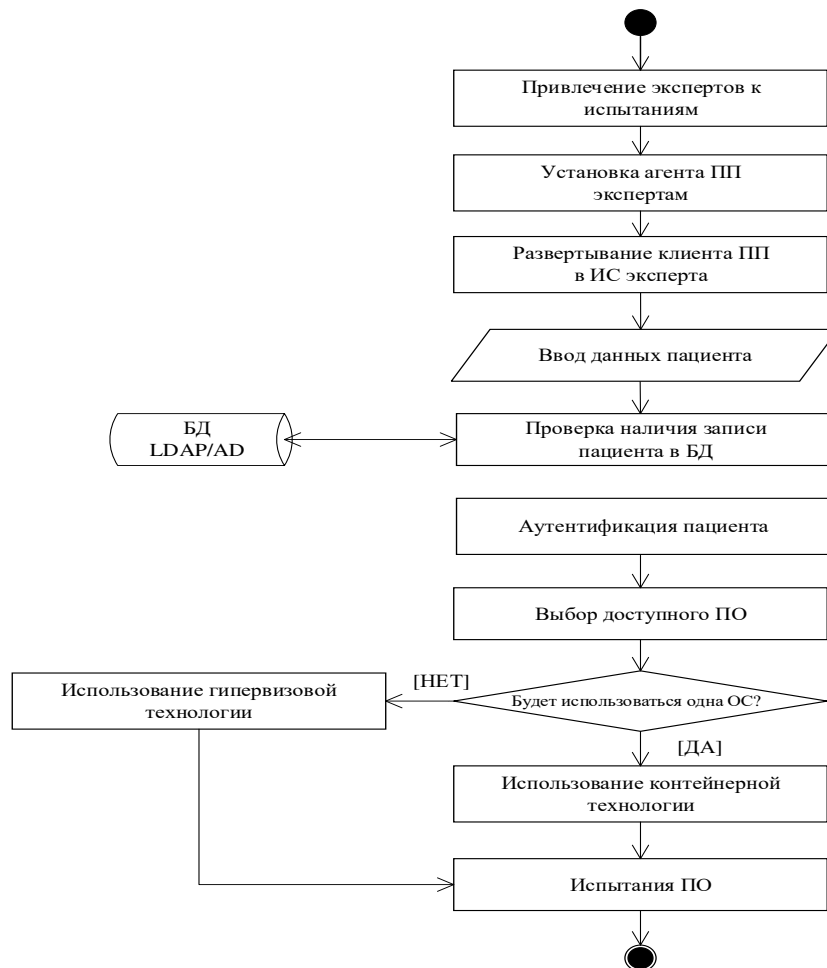


Рисунок 4.10 – Алгоритм работы прототипа, динамически конфигурируемой (гибридной) ИС нутрициолога

В зависимости от конкретных условий организации ИС нутрициолога к проведению испытаний и уточнению требований к вычислительным ресурсам

могут быть применены различные варианты использования виртуализации [141]. Для выбора рационального варианта виртуализации для испытаний ПО целесообразно заполнить форму, представленную в табл. 4.1.

Таблица 4.1 – Вопросы специалистам гигиены питания для выбора варианта виртуализации

Вопросы	Условное обозначение ответов*
Для проведения испытаний требуется оборудование, которого нет в наличии?	a
Для работы ИС необходимо использование ОС семейства Microsoft Windows?	b
Для работы ИС используется ОС специального назначения Astra Linux?	c
Для работы ИС используются ли различные ОС?	d
Какое количество серверов требуется для работы ИС?	e**

\* Для вопросов 1-4, если переменная равна 1, то это положительный ответ. Если же переменная равна 0, то ответ отрицательный.

\*\* Если количество серверов более 10 шт., то e = 1, если менее, то e = 0.

Вопросы составлены так, чтобы обеспечить возможность математического описания преимущества и недостатки способов виртуализации, результаты которого позволят выбрать эффективный способ виртуализации:

$$V = (a \ b \ c \ d) \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \end{pmatrix}, \quad (4.2)$$

где  $X_1, X_2, X_3, X_4$  – способ реализации виртуализации ( $X_1$  – эмуляция оборудования,  $X_2$  – паравиртуализация,  $X_3$  – полная виртуализация,  $X_4$  – контейнерная виртуализация).

Таким образом, после умножения вектор-строки на вектор-столбца необходимо выбрать результирующий элемент среди  $X_1, X_2, X_3, X_4$  (при котором коэффициент будет наибольшим, а индекс – наименьшим). Способ полной

виртуализации будет рациональным в случае когда результирующим элементом будет  $X_3$  или равенства расчетного значения нулю. Следует отдельно отметить ситуацию когда результирующим элементом является  $X_3$ , при  $e=1$ , то способ полной виртуализации при большом количестве виртуальных систем будет требовать хорошего технического обеспечения с соответствующим запасом производительности.

Таким образом, использование гипервизорной и контейнерной технологий виртуализации позволит прийти к серверной консолидации, экономии на вычислительных мощностях, необходимому пространству для оборудования. При этом, немаловажным фактором является обеспечение возможности абстрагирования от оборудования, быстрого развертывания ИС нутрициолога с установленным специальным и общим ПО, быстрого запуска на различных по конфигурации серверах, перераспределения нагрузки при изменении количества пациентов и обновлении специального ПО. Все это возможно достичь благодаря практической реализации разработанного автором алгоритма работы прототипа, динамически конфигурируемой (гибридной) ИС испытаний.

#### 4.3 Программное обеспечение информационной системы нутрициолога

Ключевым решением основных проблем неавтоматизированной организации деятельности нутрициолога является организация его ИС. Для этого, в первую очередь, необходимо понять специфику профессиональной деятельности нутрициолога. Основной контур взаимодействия нутрициолога и пациента представлен на рис. 4.11.

Функции ИС определяются спектром обязанностей нутрициолога, ключевыми среди которых являются: работа с БД пациентов и формирование первичных медицинских документов (ведение ЭМК); информационно-справочная поддержка; автоматизация рутинных действий и расчет необходимых показателей на основе ранее введенной первичной информации; поддержка организационно-

управленческих задач; интеграция с медико-технологическими системами; поддержка принятия решений [124].



Рисунок 4.11 – Контур взаимодействия нутрициолога и пациента

Основными целями разработки и внедрения ИС нутрициолога являются:

– использование методов диагностики, основанных на обработке данных, выполнение которой без применения специальной компьютерной техники просто невозможно (например, комплексный анализ рациона питания пациента и т.д.).

– применение технических или программных средств при осуществлении или замене очень трудоемких или длительных действий (например, метод 24-часового воспроизведение питания), повторяющих операций или исключения «человеческого фактора» при обработке данных (например, усталость специалиста, недостаточная профессиональная подготовка, психофизиологические особенности и т.д.) [23].

Функции такой ИС, следующие:

- работа с историей болезни: у нутрициолога при использовании специальной программы должна быть возможность не только зарегистрировать нового пациента, но и изучить его историю болезни;
- использование имеющихся данных: обмен данными между нутрициологом и пациентом;
- обеспечение сохранности БД: помимо функции копирования должна быть предусмотрена возможность восстановления поврежденных данных, в том числе автоматически и по ошибке пользователя;
- оптимизация и настройка рабочего места нутрициолога под конкретные условия использования, с учетом специфики работы [21].

В разрезе исследования разработана ИС «Нутриом», которая предназначена для автоматизации работы нутрициологов при расчете оценки фактического питания и разработки рационов питания и меню на заданный горизонт планирования, для централизованного сбора статистической информации о режимах питания и изменении антропометрических показателей пациентов при применении разработанных индивидуальных рационов питания.

ИС «Нутриом» может эксплуатироваться на устройствах с операционными системами Android 7.0 и выше, iOS 12 и выше, Windows 10 и выше на рабочем месте нутрициолога. При этом, работа с ИС «Нутриом» возможна с пользовательских устройств потребительского уровня с разрешением экрана от 450 точек по ширине для мобильных телефонов, и от 1280 точек по ширине для настольных устройств и планшетов. Настольные же рабочие системы должны иметь минимальную конфигурацию, соответствующую минимальным техническим требованиям производителей вышеуказанных ОС и быть оборудованы монитором, клавиатурой, мышью и принтером.

Взаимодействие с пользователем осуществляется через тонкие клиенты – веб-приложение (браузерный клиент) и через десктоп-приложение (п. 4.1), устанавливаемое на рабочие места пользователей. Система разработана с применением предложенной в пункте 4.2 архитектуры, практическая реализация которой позволила обеспечить следующие возможности:



- система построена с возможностью развертывания в инфраструктуре облачных сервисов и провайдеров, позволяющей обеспечивать установку и доступ пользователей к сервису без развертывания на собственных мощностях;
- система обеспечивает единую точку входа и управления правами пользователей;
- система обеспечивает изоляцию клиентских данных и возможность генерализации данных для поставщика услуг;
- система разработана с применением принципов модульности и расширяемости;
- система предоставляет REST API для интеграции с другими системами;
- система обеспечивает одновременную работу не менее 100 пользователей с возможностью увеличения этого показателя до 1000 пользователей за счет масштабирования решения;
- система обеспечивает отказоустойчивость и работу в режиме 24/7;
- система обеспечивает механизмы резервного копирования и инструментарий восстановления после сбоя.

Для практической реализации описанных выше функций, в системе были выделены следующие подсистемы: подсистема идентификации, аутентификации и авторизации пользователей; подсистема аудита действий пользователей; подсистема хранения данных; подсистема интеграции с внешними сервисами, REST API; административная панель управления; рабочий кабинет нутрициолога; личный кабинет пациента; подсистема построения отчетов и подсистема встроенного помощника.

Входные и выходные данные ИС «Нутриом» организованы в виде отдельных файлов формата rtf, соответствующих Rich-text format (rtf) specification, Microsoft Product Support Services Application Note, Revision Date: 6/92. Файлы указанного формата должны храниться на локальных или съемных носителях, отформатированных согласно требованиям операционной системы.

В свою очередь, при вводе данных предусмотрены возможности ввести персональные данные пациента или присвоить обезличенный персональный

идентификатор. При выгрузке персональных данных на носители или в сеть Интернет программой предусмотрено их обезличивание (не копируются данные о конкретном лице, проходящем обследование (ФИО, СНИЛС, номер полиса медицинского страхования и т.п.). Вместо этого передаваемые данные идентифицируются определенным способом: присвоив пациенту обезличенный персональный идентификатор, известный только программной системе, который позволил бы накапливать и группировать статистику по всем пациентам. После изменения нутрициологом/пациентом данных, находящихся в БД, новая информация отображается не позднее, чем через 5 с.

Веб-приложения корректно работают в браузерах IE Edge версии 44.18362 и выше, Chrome версии 50 и выше, Firefox версии 45 и выше, Android Browser версии 4.4 и выше, Safari версии 11 и выше, Mobile Safari версии 9 и выше, Opera версии 50 и выше. В свою очередь, серверы приложения и БД корректно работают на физических или виртуальных серверах под управлением ОС CentOS Linux 7/8.

Все подсистемы графического интерфейса имеют единообразие форм ввода информации, контроль ввода данных с использованием цветовой индикации, списков подстановки и иных средств автоматизации ввода и минимизации ошибок. Он корректно отображается и функционирует как на мобильных устройствах, так и на рабочих станциях пользователей с экранами с разрешениями 1280x1024 и выше.

Что касается подсистемы идентификации, аутентификации и авторизации пользователей, то следует отметить, что система реализовывает модель доступа с возможностью гибкой настройки набора прав для каждого пользователя (нутрициолога или пациента). Дополнительно права пользователей настраиваются в контексте используемых данных, и жизненного цикла сущностей в системе. Все способы аутентификации пользователя применяются на серверной стороне системы. Пароли аккаунтов хранятся в зашифрованном виде. При выходе пользователя из системы его сессия закрывается. Все успешные и повторные аутентификации генерируют каждый раз новую сессию для пользователя.

Благодаря подсистеме аудита действий пользователей, система обеспечивает сбор информации о сессиях пользователей (времени входа, продолжительности, доступной информации о клиентском приложении, клиентского окружения) и журналирование действий пользователей в системе.

Административная панель управления предоставляет собой интерфейс пользователя, позволяющий в соответствии с ролью и правами пользователя выполнять следующие действия:

- просматривать журнал действий пользователя и проводить аудит действий пользователей;
- просматривать и редактировать собранные данные о пациентах, анкеты, разработанные рационы;
- вести учет получения письменных согласий на обработку персональных данных, редактировать и вести историю изменений соглашения об обработке персональных данных;
- редактировать нормативно-справочную информацию;
- формировать анкеты по питанию, режиму, физической активности;
- редактировать словари переводов интерфейса системы на различные языки;
- управлять учетными записями других пользователей;
- выполнять функции по обслуживанию системы.

В свою очередь, рабочий кабинет нутрициолога предоставляет интерфейс пользователя, позволяющий в соответствии с ролью и правами пользователя решать основные задачи ИС нутрициолога, выделенные в пункте 1.4.

В добавок к описанному выше, разработана подсистема встроенного помощника, которая предоставляет диалоговое окно (чат-подобный интерфейс) для общения со службой поддержки и АП (ботом) внутри административной панели управления, рабочего кабинета нутрициолога, личного кабинета пациента.

Бот предоставляет быстрый доступ к часто используемым функциям, обеспечивает быстрый поиск и подсказки в соответствии с руководством пользователя. Он также взаимодействует с пользователем в виде текстового чата с

запросами в свободной текстовой форме, заполнения форм, опросов, анкет напоминаний, сообщений и др., в соответствии с ролью и правами пользователя.

Подсистема встроенного АП совместима с платформами интеграции чат-ботов, в частности с fstrk.io или подобными для последующего встраивания в наиболее распространенные мессенджеры (viber, telegram, whatsapp, vk, msngr.one, стрелка и др.) различных функциональных подсистем ПП «Нутриом» в т. ч.: реализация личного кабинета пациента на базе бота-помощника, самостоятельная регистрация пациента на платформе, проведение анкетирования (как запрос на заполнение анкеты от нутрициолога, так и заполнение анкеты по выбору пациента), обмена сообщениями между пациентом и нутрициологом, передаче отчетов от нутрициолога к пациенту.

Следует отметить, что ИС «Нутриом» обеспечивает обмен данными с внешними системами в форматах, совместимых с CSV или XL (Microsoft Excel, Word) и SPSS (SPSS Statistics – Statistical Package for the Social Sciences).

Таким образом, ИС «Нутриом» позволит автоматизировать трудоемкий процесс анализа фактического питания и разработки персонализированных рационов питания и меню на заданный горизонт планирования для потребителей и сократить затраты времени на эти цели с 16 часов (2 рабочих дней) до 3 часов на каждого потребителя. Использование этого программного комплекса значительно упрощает работу по планированию и учету питания специалистами по гигиене питания.

#### 4.4 Особенности обеспечения защиты и сохранности информации в информационной системе нутрициолога

На сегодняшний день в России не существует стандарта по хранению и передаче МД. Несмотря на принятый 1 января 2008 г. ГОСТ «Электронная история болезни. Общие положения», на практике сложилась ситуация, когда каждая клиника разрабатывала, заказывала или покупала и адаптировала собственную «Электронную историю болезни» [71]. В свою очередь, согласно действующим

нормативно-правовым документам, в нашей стране запрещается обработка конфиденциальных персональных данных без личного согласия человека.

Основной проблемой, стоящей сегодня перед любой организацией, в том числе предоставляющей медицинские услуги, является сохранение баланса между конфиденциальностью данных, с одной стороны, и необходимостью повышения качества обслуживания за счет улучшения координации использования записей, с другой стороны. Инструментом решения описанной дилеммы благодаря своим свойствам защищенного обмена данными и устойчивости к воздействию является ТБ, которая обладает свойствами защищенного обмена данными и позволяет обеспечить устойчивость к воздействию со стороны злоумышленников.

ТБ предполагает использование совершенно новых подходов к моделям хранения и управления МД. Это связано со способностью ТБ сегментировать и защищать информацию, а также организовывать быстрый обмен данными и услугами [16].

Проведенный анализ [162] позволил выявить преимущества и недостатки использования ТБ в медицине (рис. П.1). Таким образом, анализируя преимущества и недостатки использования ТБ, мы можем говорить о рациональности и необходимости использования ее в качестве ключевого инструмента для хранения и передачи данных между нутрициологом и пациентом.

Перед тем как разработать модель Б, в первую очередь, разберемся какие виды этой технологии существуют и рассмотрим их преимущества и недостатки (табл. 4.2). Таким образом, в результате проведенного сравнительного анализа для хранения и управления электронными медицинскими записями пациента, а также для обмена такими записями между соответствующими специалистами следует использовать гибридный блокчейн. Этот вид предполагает, что создатель может ограничивать доступ к определенным данным в блокчейн, но поддерживать децентрализованный характер через открытый доступ другим, например, с помощью смарт-контрактов.

Таблица 4.2 – Сравнительная характеристика видов и подвидов блокчейна

Характеристика	Виды блокчейна			
	Частный	Публичный	Гибридный	Консорциум
Безопасность	+	+/-	+	+
Децентрализованность	-	+	+/-	+/-
Общедоступность	-	+	+/-	+
Цензура	+	-	+/-	+
Конфиденциальность	+	-	+/-	-
Высокая скорость транзакций	-	+	+/-	+
Низкая энергоэффективность	+	-	+/-	-
Высокая производительность	+	-	+	+
Высокая масштабируемость	+	-	+	+
Адаптированность	+	-	+/-	+

Модель функционирования блокчейна как БД для хранения информации о пациенте представлена на рис. 4.12. В представленной модели используется управление доступом на основе ролей. Таким образом, доступ к ЭМК фиксируется в предложенной модели (создатель может ограничивать доступ к определенным данным). Для обеспечения конфиденциальности и защиты цифровых активов в предложенной модели также используются приватные и публичные ключи.

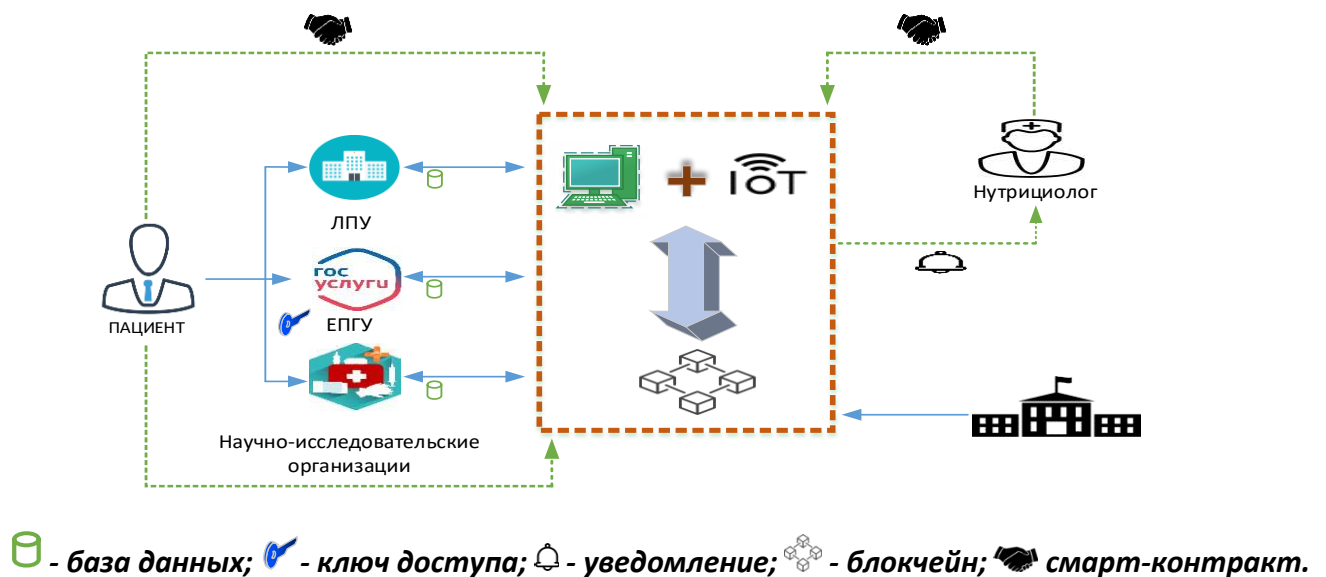


Рисунок 4.12 – Модель функционирования блокчейна как БД для хранения информации о пациенте

Предлагаемая модель использует хранение информации вне сети организации. Это связано с небольшой емкостью Б, что ограничивает возможности

хранения данных пациента и соответствующих медицинских специалистов. Обозначенная проблема, была решена за счет использования виртуализации и контейнеризации, использование которых позволило масштабировать ПП в зависимости от потребности в вычислительных мощностях.

Представленная модель предлагает детальный метод управления доступом с сохранением конфиденциальности, который предоставляет пользователям различные привилегии, оценивая их типы. Проверка данных происходит на этапе добавления новых данных, проводится их сравнение на основе хеш-значений в цепочке.

В свою очередь, для подтверждения транзакции в блокчейн и открытия нового блока, узлы сети должны достигнуть определенного консенсуса. В результате проведенного сравнительного анализа особенностей использования различных консенсусов было установлено, что proof-of-work намного лучше подходит для обмена МД, чем proof-of-stake. При этом, передача данных таким образом необратима. Это означает, что после отправки и подтверждения сообщения отменить его нельзя, а информация о выполненных операциях навсегда записывается в блокчейн. Доступ к ним может быть получен только с использованием закрытого ключа пациента. Попытка изменения информации в одном из блоков повлечет соответствующие изменения во все последующие блоки цепочки. При этом, протокол в ТБ требует подтверждения операций независимыми регуляторами. И если хоть один из них отвергнет изменения в структуре блоков процесс будет заблокирован и вносимые изменения отвергнуты [80].

Предлагаемые решения на основе ТБ, для разрабатываемой ПП, предполагают использование безопасных методов шифрования, которые защищают целостность информации лиц, участвующих в информационном обмене. Структура, используемая для эффективной проверки целостности данных это Дерево Меркле. Она особенно интересна в контексте одноранговых сетей, где участникам необходимо обмениваться информацией и независимо проверять ее. Дерево Меркле также играет важную роль в синхронизации данных в распределенном хранилище данных, поскольку оно позволяет каждому узлу

распределенной системы быстро и эффективно идентифицировать измененные записи без необходимости отправлять все данные для сравнения [110].

Для решения проблемы формирования БД на основе ТБ предлагается использовать «Алгоритм формирования цепочек переходов», с помощью которого будет формироваться хранилище МД. Традиционная модель организации РР была улучшена за счет применения усовершенствованного алгоритма формирования цепочек переходов блоков РР, который позволил обеспечить более безопасную и надежную систему хранения конфиденциальных МД пациентов (рис. 4.13).

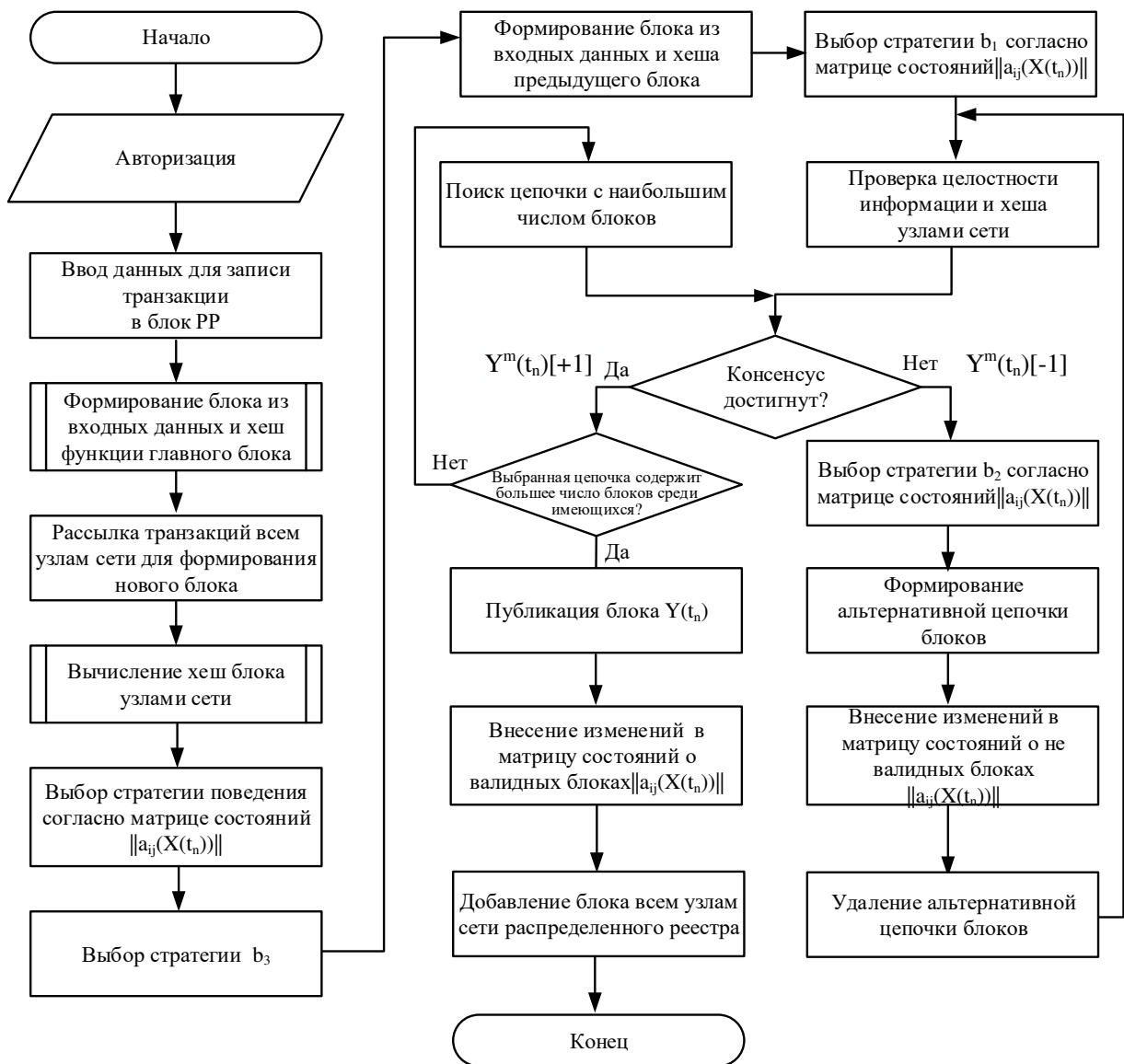


Рисунок 4.13 – Алгоритм формирования цепочек переходов блоков РР



При этом, модель используется лишь в качестве формального описания объекта исследования. Алгоритм же является базисом самой организации РР. Согласно рис. 4.8, алгоритм формирования цепочек переходов блоков узлами РР состоит из следующих основных этапов: авторизация, сбор данных; выполнение алгоритма консенсуса; получение реакции среды; выбор варианта стратегии поведения. Высокая скорость сети РР в транзакциях обеспечивается, за счет использования заранее известных ее участников.

В свою очередь, на этапе ввода данных производится определение следующих параметров и правил работы РР:

- проверка выполнения условий смарт-контракта;
- публикация и добавление записи блока в РР;
- проверка главного блока РР;
- корректировки матрицы состояний  $\| a_{ij}(X_m(t)) \|\|$ ;
- вычисление значений хеш-функции блоков;
- определение правил достижения консенсуса.

На втором этапе выполняется проверка консенсуса узлов с целью формирования очередного блока. На этом этапе возможны два исхода  $Y_m(tn)$  на каждом интервале времени  $tn$ : при успешном достижении консенсуса происходит генерация нового блока и формируется цепочка блоков  $Y_m(tn)[+1]$  либо альтернативная цепочка блоков  $Y_m(tn)[-1]$ . В случае  $Y_m(tn)[-1]$  автомат продолжает выполнять алгоритм до момента генерации нового блока.

Во время выполнения алгоритма формирования цепочек переходов блоков РР возможны несколько вариантов поведения:

- $b_1$  – выполнение алгоритма консенсуса;
- $b_2$  – попытка формирования ответвления в цепочке переходов блоков РР;
- $b_3$  – публикация блока РР.

В случае достижения консенсуса между блоками, происходит выбор цепочки с наибольшим числом блоков. Опубликованный блок записывается в РР, матрицу состояний  $\| a_{ij}(X_m(tn)) \|\|$ . Здесь  $X_m(tn)$  – реакция среды, цепочка блоков, при

формировании которой существует вероятность перехода узла из одного варианта поведения в другой, и включается в цепочку переходов всех узлов.

В случае выбора варианта поведения публикации найденного блока РР  $b_3$  в зависимости от реакции  $X(tn)$  среды  $E$ : добавление блока в РР или принятие другого альтернативного блока на интервале времени  $tn$  имеет следующие варианты стратегии поведения:

- в случае публикации блока в РР, вносятся изменения в матрицу состояний о валидных блоках  $||a_{ij}(X(tn))||$ , блок добавляется всем узлам сети, алгоритм переходит в  $b_1$  и продолжает выполняться;

- в случае принятия альтернативного блока алгоритм, в зависимости от матрицы  $||a_{ij}(X(tn))||$ , осуществляет переход в  $b_1$  или  $b_2$ .

При выборе поведения  $b_2$  происходит формирование альтернативной цепочки блоков и вносятся изменения в матрицу  $||a_{ij}(X(tn))||$ . При непринятии множеством  $N$  РР альтернативной цепочки блоков и отставании от единой цепочки алгоритм вносит коррекцию в матрицу  $||a_{ij}(X(tn))||$  и удаляет альтернативную цепочку блоков и переходит к варианту поведения  $b_1$ .

Алгоритм формирования цепочек переходов блоков РР завершается после добавления нового блока всем узлам сети РР, транзакция считается законченной.

Разработанный алгоритм формирования цепочек переходов блоков РР формирует новую структуру цепочек переходов, чтобы избежать проблемы разветвления, в нем предложен механизм консенсуса на основе доверия для защиты от византийских атак.

Следует также отметить, что одним из элементов разработанной ПП является модуль, отвечающий за удаленный мониторинг биомедицинских данных с помощью IoT (датчиков, смарт браслетов, мобильных устройств), а также их анализ (рис. 4.7). Его использование позволяет осуществлять мониторинг состояния здоровья пациента на расстоянии.

Таким образом, ТБ гарантирует, что только авторизованные стороны могут получить доступ к персональным данным, хранящимся в виде уникальной хеш-функции. Пользователи получают возможность контролировать доступ к

загруженной информации РР. В работе предложена облегченная модель на основе ТБ для обмена и защиты МД. Для обеспечения безопасности МД в модели функционирования смарт-контрактов применен алгоритм формирования цепочек переходов блоков РР, который позволил: реализовать механизм консенсуса между узлами сети; защитить РР от возможного вмешательства и разветвления его структуры.

ПП с использованием алгоритма формирования цепочек переходов блоков РР может одновременно собирать данные с нескольких медицинских устройств IoT в режиме реального времени и формировать ЭМК пациентов во время его жизнедеятельности. Система разработана как схема обмена МД на основе облачного сервера, основанного на технологиях виртуализации и контейнеризации с использованием алгоритма повторного шифрования прокси. Такой подход повышает безопасность обмена частными МД.

#### 4.5 Организация испытаний информационной системы нутрициолога и оценка эффективности их проведения

В рамках исследования разработан прототип ПП испытаний, основным индикатором эффективности которого является показатель результативности испытаний ИС, оценка которой получена по определенным критериям (табл. Р.1). Задача заключалась в том, чтобы выбрать тот вариант организации испытаний ИС, при использовании которого вся совокупность критериев качества решалась «наилучшим» образом. Чтобы решить этот вопрос, группе экспертов был организован ряд типовых испытаний разрабатываемой ИС. Полученные результаты были обработаны, проранжированы факторы и критерии качества по их важности. В результате каждому вопросу был приписан вес и вычислен суммарный ранг каждого критерия качества к организации испытаний ИС.

Опрос экспертов осуществлялся с помощью анкет о ПП испытаний, в которых были перечислены факторы качества и критерии качества организации испытаний ИС. Вес каждого фактора рассчитывался по формуле:

$$v_q = v_0 + \frac{y_q - y_0}{y_s - y_0} \times (v_s - v_0), \quad (4.3)$$

где  $v_q$  – вес фактора  $q$ ;

$v_0$  – вес наименее важного фактора качества;

$v_s$  – вес наиболее важного фактора;

$y_q$  – суммарный ранг  $q$ -й фактора качества;

$y_0$  – суммарный ранг наиболее важного фактора качества;

$y_s$  – суммарный ранг наиболее важного фактора качества.

Результирующая взвешенная оценка каждого из альтернативных вариантов организации испытаний ИС рассчитывалась по формуле:

$$x_i = \sum_{q=1}^k \sum_{j=1}^m v_q x_{qi}^j, \quad (4.4)$$

где  $m$  – число экспертов;

$k$  – число критериев качества;

$x_{qi}$  – ранг  $i$ -го критерия по  $q$ -й фактору качества, приписанный  $j$ -м экспертом.

Поскольку наиболее предпочтительному по каждому фактору качества решению приписывается наименьший ранг – это решение можно найти, определив  $\min x_1, x_2, \dots, x_n$ . Так, значения рангов, приписанных экспертами каждому фактору качества в соответствии с важностью ее решения при организации испытаний ИС, значения суммарных рангов факторов качества и ранжировка, полученная на основании суммарных рангов, представлены в табл. 4.3. Значения результирующих взвешенных оценок каждого фактора и соответствующая их ранжировка приведены в табл. С.1-С.2. Проведенный анализ позволил установить степень важности критериев качества для повышения эффективности испытаний ИС. Каждый из рассмотренных критериев качества оказывать определенный эффект на ПО ИС нутрициолога, значимость которого может быть субъективным для разных экспертов в различных ситуациях. Результаты эксперимента показали, что

наиболее важным для работы экспертов является, в первую очередь, экономия времени организации испытаний и их технологичность.

Таблица 4.3 – Значения рангов, приписанных экспертами каждому фактору качества в соответствии с важностью ее решения при организации испытаний ИС, значения суммарных рангов факторов качества и ранжировка

Эксперт	Факторы качества*					
	Функциональ- ность	Практич- ность	Надеж- ность	Эффектив- ность	Сопровожд- аемость	Мобиль- ность
1	1	4	3	2	6	5
2	1	4	3	2	6	5
3	2	1	3	4	5	6
4	2	4	5	1	6	3
5	4	3	5	2	6	1
6	4	2	3	1	6	5
7	5	4	6	1	3	2
Сумарные ранги	19	22	28	13	38	27
Ранжировка проблем	2	3	5	1	6	4

В свою очередь, в разрезе исследования эффективность использования ПП испытаний будем оценивать, значимыми организационными практиками и требованиями к человеческим ресурсам. Это объясняется тем, что «качество» именно этого ресурса считается обязательным для получения продуктивности от внедрения ИС нутрициолога. При этом, общую значимость эффекта от ПП испытаний, напрямую зависит от следующих проявлений её эффективности: технологическая, функциональная, социальная, экономическая и производительная [125]. Таким образом, с учетом количественных и качественных показателей критериев и их факторов следует провести сопоставимость оценки эффективности организации испытаний с ПП испытаний и без нее.

Так, прототип ПП испытаний создан в виде пользовательского сервиса, который содержит следующие модули: формирования реестра экспертов; организации испытаний; формирования тестовых сценариев при организации испытаний ИС; формирования протокола испытаний; администрирования ПП; авторизации пользователей в системе; проведения испытаний. Для расчета оценки

экономического эффекта внедрения такой ПП испытаний (рис. 4.14) использовались статистические данные, полученные в результате реализации проектов, сопоставив организацию испытаний ПО ИС нутрициолога с использованием предложенной в рамках исследования ПП испытаний и без нее.

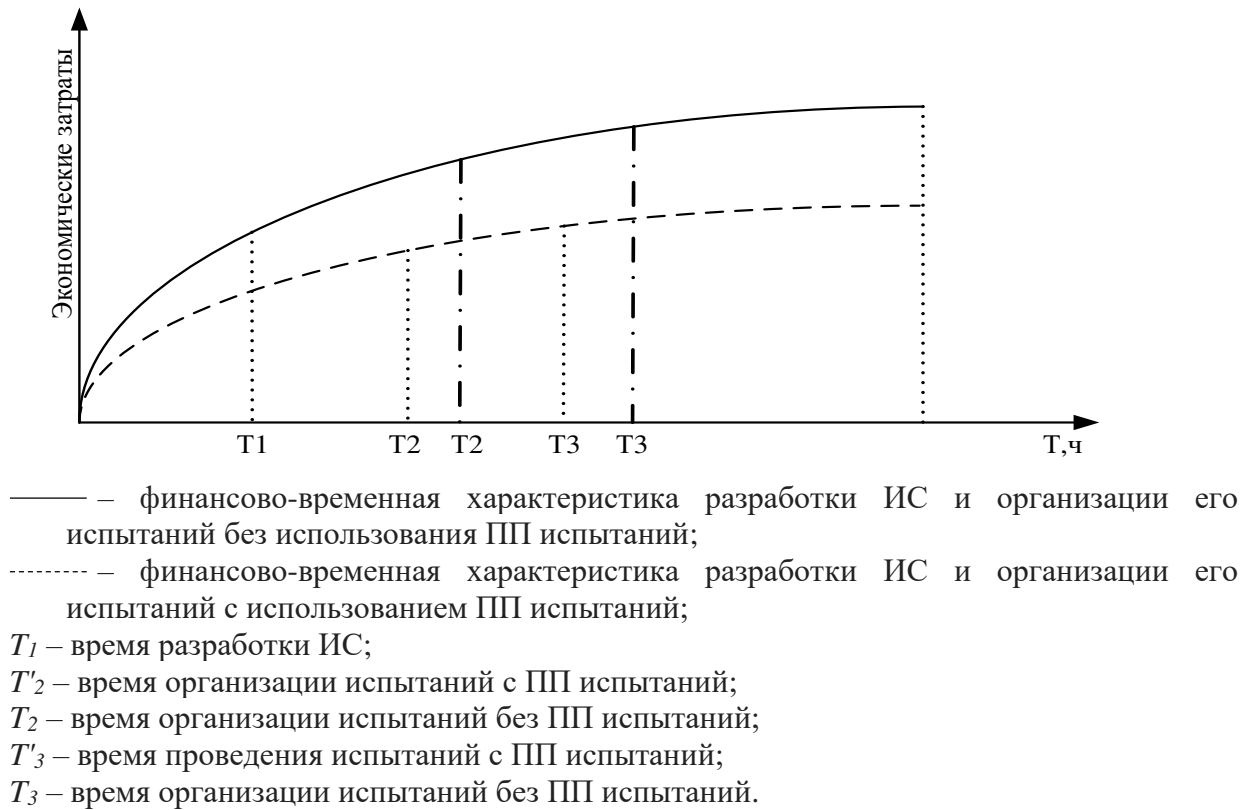


Рисунок 4.14 – Экономический эффект от внедрения ПП испытаний в жизненный цикл разработки ИС

Согласно рис. 4.14, использование ПП испытаний позволило снизить расходы на разработку ИС и организацию его испытаний, сократить сроки разработки жизненного цикла ИС за счет организации взаимодействия экспертов заказчика с разработчиками на начальных этапах.

Прототип ПП испытаний, построенный по разработанным в диссертационной работе моделям и алгоритмам, применяется для квалиметрии ПП, которое поступает в качестве основного специального ПО ИС нутрициологов.

Использование предлагаемой ПП испытаний показало следующие особенности функционирования:

- высокая степень взаимодействия разработчиков и экспертов (п. 4.2);
- возможность применения гибкой методологии процесса разработки ПО ИС нутрициолога;
  - оперативная доставку и использование «микросервисов» контейнеров и доступа к удаленным рабочим столам (п. 4.1);
  - возможность развертывания одной и той же ИС в любой среде, включая облачные сервисы, используемые в Едином информационном пространстве в здравоохранении РФ (п. 4.1);
  - автоматическое тестирование ИС с помощью тестовых сценариев вместо трудоемкой ручной проверки бесчисленных строк кода;
  - масштабируемость в зависимости от потребности (п. 4.1);
  - сокращение времени этапа организации испытаний ИС, за счет использования технологий гипервизоров, контейнеров (п. 4.1);
  - использование РР для обеспечения безопасного хранения информации о результатах испытаний и данных о самих экспертах (п. 4.4).

Для расчета эффективности предложенных в диссертации решений, были организованы испытания ИС без и с помощью ПП испытаний:

- фиксировалось время, необходимое для формирования экспертной группы с учетом компетенций экспертов (п. 2.4) (на начальном этапе);
- фиксировалось время, необходимое для формирования типовой ИС участника испытаний с настройками требуемого окружения и набора ПО (на этапе организации доступа пользователя к ПП испытаний);
- фиксировалось время на организацию доступа экспертов к информации (исходным данным проекта, техническому заданию, программам и методикам испытаний). Проводилась проверка целостности и правильности введенных исходных данных для начала испытаний проекта, технического задания, программ и методик проведения испытаний, а также вносились необходимые коррективы;
- формирование тестовых сценариев проверки ИС на дефекты и ошибки с учетом требований к ней (на начальном этапе): при выявлении дефектов и ошибок ИС дорабатывалась и повторно тестировалась. В случае успешного прохождения

тестовых сценариев ИС экспортировалась в сетевое хранилище проектов для проведения испытаний экспертами.

Результаты проведения экспериментов организации испытаний ИС представлены в табл. 4.4.

Таблица 4.4 – Результаты организации испытаний ПО ИС нутрициолога

Организация испытаний ПО ИС нутрициолога	проект 1 (15 чел.)		проект 2 (15 чел.)	
	Без* (ч)	С* (ч)	Без* (ч)	С* (ч)
Характеристика экспертной группы	- отдельная группа учащихся на специалистов гигиены питания; – эксперты находятся в одной группе; – имеется развитая инфраструктура информационного обмена.		- практикующие нутрициологи; – все эксперты территориально распределены; – имеется развитая инфраструктура информационного обмена.	
Время доведения информации до участников испытаний	4	2	4	2
Время для формирования экспертной группы	2	0,5	24	0,5
Время необходимое для подготовки ИС эксперта	40	6,75	60	9,25
Время доступа к исходным данным	1	0	2	0
Время на организацию испытаний ИС	47	9,25	90	11,75

\* Без ПП испытаний (ч); \*С ПП испытаний (ч)

Согласно данным, можем отметить тот факт, что время для организации типовой ИС эксперта одинаково, но при организации множества таких мест с использованием ПП испытаний время организации было минимизировано и не требовало участия специально подготовленного технического персонала, что особенно важно при территориальной распределённости экспертов.

В свою очередь, время организации ИС эксперта ( $T_{орг}$ ) с применением ПП испытаний рассчитывалось по формуле:

$$T_{орг} = T_0 + n \times T_n , \quad (4.5)$$

где  $T_0$  – время, необходимое для организации типовой ИС эксперта;



$T_n$  – время, необходимое для дополнительной настройки  $n$ -й ИС эксперта на основе существующей типовой ИС.

Результаты апробации организации испытаний приведены в табл. 4.4 и на рис. 4.15.

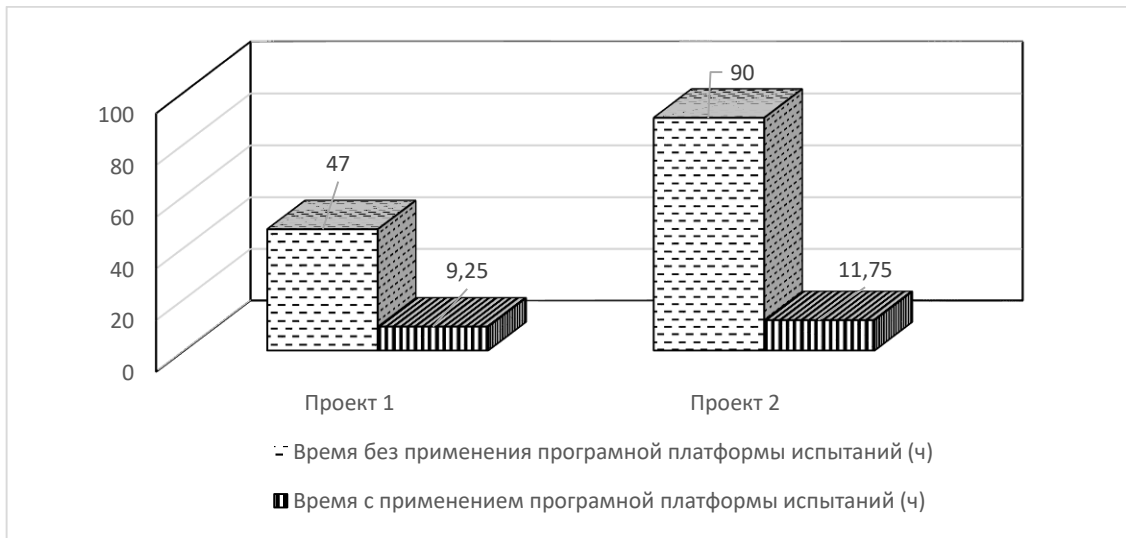


Рисунок 4.15 – График изменения времени организации испытаний ПО ИС нутрициолога

Результаты использования алгоритма формирования тестовых сценариев для организации испытаний ИС нутрициолога представлены в табл. 4.5 и на рис. Т.1.

Таблица 4.5 – Время, необходимое для организации испытаний ПО ИС нутрициолога на этапах его разработки

Этапы разработки	Циклы испытаний							
	Проект 1				Проект 2			
	1	2	...	60	1	2	...	78
Количество ошибок, выявленных в ИС	21	26		158	25	29		231
Время разработки тестовых сценариев, ч	5	5,4		9,3	5,3	6,1		13,2
Время тестирования ПО без ПП испытаний, ч	4,8	6,3		145	5,1	6,8		223
Время тестирования ПО с ПП испытаний, ч	6	6,4		17,3	6,3	7,1		31,1

В результате проведенного анализа доказано, что использование алгоритма сокращает время эксперта на испытание, но требует проведения комплекса

мероприятий по формированию тестовых сценариев. Алгоритм особенно эффективен в случаях выявления дефектов и ошибок, поскольку эксперту не приходится проверять функциональность ИС за ранее выявленными дефектами и ошибками. Это позволяет сократить время на организацию, проведение дальнейших испытаний и минимизировать возможные ошибки, а также уменьшить количество необходимого квалифицированного технического персонала.

В результате проведенного анализа доли выявленных ошибок (Приложение У) видно, что при использовании ПП испытаний доля невыявленных ошибок (на этапе испытаний) меньше, чем без использования ПП испытаний на 50-55%.

Результаты апробации показали, что время организации испытаний с применением ПП испытаний сократилось на 80-90% (в зависимости от количества привлекаемых экспертов), трудозатраты на организацию испытаний сократились на 80-85%. Эксперты смогли одновременно участвовать в нескольких испытаниях со своего рабочего места в привычном для себя интерфейсе и окружении, что также положительно сказывается на эффективности проводимых работ.

Таким образом, процесс определения эффективности организации испытаний с применением ПП испытаний предусматривает использование широкого круга разнородных критериев, отражающих различные направления воздействия внедряемых технологий виртуализации и контейнеризации на организацию испытаний ИС нутрициолога и как следствие на жизненный цикл разработки ПО в целом. Процедура расчета оценки осложняется многообразием используемых технологий и конкретных задач, решаемых при разработке ИС. При этом, разработанные модели и алгоритмы при внедрении и использовании их в ПП испытаний позволяют повысить эффективность организации испытаний ИС нутрициолога.

Макет ИС нутрициолога, реализующий разработанные модели и алгоритмы сбора и обработки данных, апробирован в процессе профессиональной деятельности 14 нутрициологов, применяющих ИС: «Nutriadmin» – 6 чел., «Nutrition Maker» – 5 чел., «Vision Clinical Nutrition» – 3 чел. В течение 2 недель

сформированы рекомендации по коррекции питания и сформированы персональные меню для 31 пациента (22 практически здоровых мужчин возраста 37-46 лет и 9 практически здоровых женщин возраста 36-44 года).

В течение 3 месяцев параллельно (с применением макета ИС и одной из альтернативных ИС) осуществлялся контроль выполнения разработанных рекомендаций и их адаптивная коррекция.

После этого проведено интервьюирование нутрициологов и сделаны выводы о том, что применение макета ИС нутрициолога, реализующей разработанные модели и алгоритмы сбора и обработки данных, обеспечивает:

- повышение эффективности формирования рекомендаций пациентам на 9-17% за счет: автоматизации конструирования анкет по методу 24-часового воспроизведения питания и по методу анализа частоты потребления пищи в информационной среде; увеличения объема БД химического состава и ЭЦ фактического рациона питания и меню с возможностями их автоматизированной актуализации в сети «Интернет»; обеспечения учета гликемических индексов пищевых продуктов и содержания в них критически значимых пищевых веществ при формировании исключений пищевых продуктов и блюд с учетом имеющихся АЗЗ и пищевых предпочтений пациентов;

- повышение эффективности контроля реализации рекомендаций пациентам на 25-35% за счет возможностей распределенного цифрового сбора и распределенной цифровой обработки конфиденциальных данных о фактическом питании и состоянии здоровья пациентов.

Изложенное позволяет сделать выводы о том, что разработанные модели и алгоритмы сбора и обработки данных в ИС нутрициолога обеспечивают повышение эффективности формирования и контроля реализации рекомендаций нутрициолога что имеет существенное значение для здравоохранения.

## Выводы по главе 4

1. К увеличению длительности испытаний ПО приводит недостаточная компетентность экспертов в технических вопросах. Для решения этой проблемы было принято решение реплицировать конфигурацию ИС эксперта в виртуальных средах для запуска испытаний. Еще одной проблемой при проведении испытаний ПО является взаимодействие ЛПП. Для решения обозначенной проблемы, основываясь на результатах анализа научных работ в разрезе исследования предлагается использовать услуги IaaS и PaaS.

2. Для автоматизации развёртывания и управления ПО в среде контейнерной виртуализации для ПП испытаний в разрезе исследования использовано специальное ПО Docker, которое позволяет выделять и изолировать ресурсы, которые есть у виртуальной машины, и обеспечивает лучшие возможности для переноса ПО. Использование технологии Docker-контейнеров позволило сократить процесс жизненного цикла внедрения ПО.

3. Для предоставления конечным пользователям кроссплатформенности приложения «Программное обеспечение нутрициолога», «Программное обеспечение пациента» разработана архитектура ПП, которая позволила обеспечить: сбор, хранение информации; возможность разработки, испытания ПО и его обновления для различных ОС.

4. В разрезе исследования разработана ИС «Нутриом», которая предназначена для автоматизации работы нутрициологов. Функции ИС нутрициолога определяются спектром его обязанностей. Для практической реализации этих функций, в системе были выделены следующие подсистемы: подсистема идентификации, аутентификации и авторизации пользователей; подсистема аудита действий пользователей; подсистема хранения данных; подсистема интеграции с внешними сервисами, REST API; административная панель управления; рабочий кабинет нутрициолога; личный кабинет пациента; подсистема построения отчетов и подсистема встроенного помощника.

5. Разработана подсистема встроенного помощника, которая предоставляет диалоговое окно (чат-подобный интерфейс) для общения со службой поддержки и АП (ботом) внутри административной панели управления, рабочего кабинета нутрициолога, личного кабинета пациента.

6. Предложенная технология закрытого РР с использованием специального ПО Docker позволила создать защищенную распределенную программную платформу испытаний ПО ИС нутрициолога.

7. Полученные результаты показали, что ПП испытаний позволила:

- сократить время на организацию доступа участников к необходимым информационным ресурсам;

- дать возможность экспертам одновременно участвовать в нескольких испытаниях с ИС, подключенной к локальной вычислительной сети, используя виртуализацию и контейнеризацию предоставления услуг;

- организовать разработку тестовых сценариев, необходимых для проверки выполнения требуемых критериев качества ИС.

10. Результаты проведенного эксперимента показали, что при использовании разработанной ПП испытаний доля невыявленных ошибок уменьшилась на 50-55 %, время организации испытаний сократилось на 80-90 %, а трудозатраты на организацию испытаний сократились на 80-85 %.

11. Апробация макета ИС нутрициолога, реализующей разработанные модели и алгоритмы сбора и обработки данных, по сравнению с тремя аналогичными по функционалу ИС, наиболее часто применяемыми отечественными нутрициологами, показала:

- повышение эффективности формирования рекомендаций пациентам на 9-17% за счет: автоматизации конструирования анкет по методу 24-часового воспроизведения питания и по методу анализа частоты потребления пищи в информационной среде; увеличения объема БД химического состава и ЭЦ фактического рациона питания и меню с возможностями их автоматизированной актуализации в сети «Интернет»; обеспечения учета гликемических индексов пищевых продуктов и содержания в них критически значимых пищевых веществ

при формировании исключений пищевых продуктов и блюд с учетом имеющихся АЗЗ и пищевых предпочтений пациентов;

– повышение эффективности контроля реализации рекомендаций пациентам на 25-35% за счет возможностей распределенного цифрового сбора и распределенной цифровой обработки конфиденциальных данных о фактическом питании и состоянии здоровья пациентов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе решена **научная задача** разработки моделей и алгоритмов сбора и обработки данных в ИС нутрициолога, обеспечивающих повышение эффективности формирования и контроля реализации рекомендаций нутрициолога за счет разработки и реализации моделей и алгоритмов сбора и обработки данных, имеющая существенное значение для здравоохранения.

При решении научной задачи автором получены следующие результаты:

1. Анализ состояния и развития систем ИС, применяемых для решения задач гигиены питания, показал, что для повышения эффективности формирования и контроля реализации рекомендаций нутрициолога пациентам необходимо разработать модели и алгоритмы сбора и обработки данных в ИС нутрициолога, соответствующие специфике профессиональной деятельности нутрициолога и стандартам распределенного цифрового сбора и распределенной цифровой обработки конфиденциальных данных.

2. Основными требованиями к сбору и обработке данных в ИС нутрициолога, помимо системности, гибкости, устойчивости и эффективности функционирования, являются обеспечение персонализации, предикции, превентивности и партисипативности с обеспечением конфиденциальности хранимых и обрабатываемых данных.

3. Функциональная модель организации деятельности нутрициолога, включающая четыре уровня (первый уровень – 5 частных моделей в нотации IDEF0, второй уровень – 21 частная модель в нотации IDEF0 и 6 частных моделей в нотации IDEF3, третий уровень – 2 частных модели в нотации IDEF0, четвертый уровень – 5 частных моделей в нотации DFD), обеспечивает корректный учет причинно-следственных отношений между ситуациями и событиями при проведении консультаций и разработке рекомендаций пациентам.

4. Информационно-логическая модель сбора и обработки данных для ИС нутрициолога, включающая четыре уровня детализации (первый уровень – 5 частных моделей в нотации IDEF0, второй уровень – 29 частных моделей в нотации

IDEF0, третий уровень – 1 частная модель в нотации IDEF0 и четвертый уровень – 5 частных моделей в нотации DFD), обеспечивает корректное описание множества его взаимосвязанных действий и функций при проведении консультаций и разработке рекомендаций пациентам.

5. Алгоритмы сбора и обработки данных в ИС нутрициолога, включающие:

– алгоритм формирования исключений пищевых продуктов и блюд в БД с учетом имеющихся АЗЗ, пищевых предпочтений, гликемических индексов пищевых продуктов, величины содержания в них критически значимых пищевых веществ, впервые обеспечивающий автоматизированное формирование рекомендаций по профилактике болезней нерационального несбалансированного питания, нарушений пищевого статуса, пищевых аллергий и непереносимостей и врожденных нарушений обмена нутриентов;

– алгоритм оценивания антропометрических данных, процентного содержания жировой ткани, ИМТ, типа телосложения, типа распределения жировой ткани нутрициологом, впервые обеспечивающий комбинированное оценивание НС (по методике «NRS – Nutritional risk screening»), нутриционного риска (по методике «NRI – Nutritional risk index») и антропометрических показателей физического здоровья пациента (росто-весовые показатели и их производные, ППТ, соотношение объема талии к объему бедер);

– алгоритм конструирования анкет по методу 24-часового воспроизведения питания и их обработки, впервые обеспечивающий возможность регистрации фактически потребляемых продуктов питания с автоматическим оцениванием адекватности фактического питания пищевому статусу пациента;

– алгоритм определения и визуализации химического состава и ЭЦ фактического рациона питания и меню, впервые обеспечивающий совместный учет химического состава, ЭЦ продуктов питания и энергозатраты при жизнедеятельности пациента;

– алгоритм формирования анкет по методу анализа частоты потребления и их обработки, впервые обеспечивающий возможность анализа потребления продуктов питания с автоматической идентификацией макро- и микронутриентов,



обусловливающих повышенные персонифицированные риски неинфекционных заболеваний;

– алгоритм расчета вариантов групповых и индивидуальных меню из перечня продуктов по заданным параметрам и из рационов, впервые обеспечивающий возможность автоматизированного подбора продуктов для формирования меню с заданным заранее химическим составом с учетом индивидуальных предпочтений пациентов;

– алгоритм корректировки и выбора рассчитанных рационов питания и меню на заданный горизонт планирования, обеспечивающий автоматизированное формирование персонифицированных рационов питания, отвечающих основным принципам рационального питания –

обеспечивают реализацию персонализации, предикции, превентивности и партисипативности деятельности нутрициолога.

6. Архитектура ИС нутрициолога, реализующая возможность применения ПО с открытым исходным кодом, аппаратного гипервизора, устанавливаемого на физический сервер обеспечивающего запуск нескольких операционных систем на одном компьютере; инфраструктуры сети «Интернет»; гарантированного уровня защиты информации и одновременной работы с различными модулями и компонентами большого количества пользователей – обеспечивает соответствие разработанной ИС нутрициолога стандартам распределенного цифрового сбора и распределенной цифровой обработки конфиденциальных данных.

7. Апробация макета ИС нутрициолога, реализующей разработанные модели и алгоритмы сбора и обработки данных, по сравнению с тремя аналогичными по функционалу ИС, наиболее часто применяемыми отечественными нутрициологами, показала:

– повышение эффективности формирования рекомендаций пациентам на 9-17% за счет: автоматизации конструирования анкет по методу 24-часового воспроизведения питания и по методу анализа частоты потребления пищи в информационной среде; увеличения объема баз данных химического состава и ЭЦ фактического рациона питания и меню с возможностями их автоматизированной

актуализации в сети «Интернет»; обеспечения учета гликемических индексов пищевых продуктов и содержания в них критически значимых пищевых веществ при формировании исключений пищевых продуктов и блюд с учетом имеющихся АЗЗ и пищевых предпочтений пациентов;

– повышение эффективности контроля реализации рекомендаций пациентам на 25-35% за счет возможностей распределенного цифрового сбора и распределенной цифровой обработки конфиденциальных данных о фактическом питании и состоянии здоровья пациентов.

8. Приоритетными направлениями совершенствования моделей и алгоритмов сбора и обработки данных в ИС нутрициолога являются: внедрение технологий ИИ для поддержки принятия решений, технологий цифровых двойников для визуализации потенциальной эффективности назначаемых рекомендаций и технологий сопряжения ИС с системами «умный дом» и умными регистраторами физиологических показателей состояния, применяемыми пациентами.

**Рекомендации.** Результаты диссертационного исследования следует использовать для решения задач повышения качества профессиональной деятельности нутрициолога, при разработке ИС медицинского назначения, а также в учебном процессе при подготовке, переподготовке и повышении квалификации специалистов в области биомедицинской инженерии, гигиены питания и медицинской информатике.

**Перспективы дальнейшей разработки темы** состоят в получении новых знаний о функциональных, метаболических, гигиенических и клинических аспектах взаимодействия питательных веществ и их влияния на организм человека с учетом индивидуальных особенностей здоровья. Полученные новые знания, в свою очередь, определяют приоритеты совершенствования приборов, систем и изделий, применяемых нутрициологами в профессиональной деятельности.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

- API – программный интерфейс приложения (Application Programming Interface);
- IaaS – инфраструктура как услуга;
- IaC – инфраструктура как код;
- IoMT – интернет медицинских вещей;
- IoT – интернет вещей;
- NRI – индекс нутритивного риска (Nutritional Risk Index);
- NRS – оценка нутриционного риска (Nutritional Risk Screening);
- PaaS – платформа как услуга;
- PoS – proof of stake (валидаторы);
- PoW – proof of work (майнеры);
- RPC – удалённый вызов процедур (Remote Procedure Call);
- АС – автоматизированная система;
- АСУ – автоматизированная система управления;
- БД – база данных;
- ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения;
- ВОО – величина основного обмена веществ;
- ГИС – государственная информационная система;
- ДП – диспетчер подключений;
- ЕГИСЗ – Единая государственная система в сфере здравоохранения;
- ЕМИАС – Единая медицинская информационно-аналитическая система;
- ЕПГУ – Единый портал государственных и муниципальных услуг;
- ИИ – искусственный интеллект;
- ИМТ – индекс массы тела;
- ИС – информационная система;
- ИТ – информационная технология;
- КРАС – коэффициент различий аминокислотного скора;
- КФА – коэффициенты физической активности;
- ЛПП – линейка программных продуктов;

ЛПУ – лечебно-профилактическое учреждение;  
МД – медицинские данные;  
МКБ – Международной классификации болезней;  
МУП – модуль управления подключениями;  
НИУ ВШЭ – Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики».;  
НС – нутритивный статус;  
МИС – медицинская информационная система;  
ОС – операционная система;  
ПК – персональный компьютер;  
ПНЖК – полиненасыщенные жирные кислоты;  
ПО – программное обеспечение;  
ПП – программная платформа;  
ППТ – площадь поверхности тела;  
РР – распределенный реестр;  
СД – сахарный диабет;  
СДДП – специфически-динамическое действие пищи;  
СПКР – система поддержки принятия клинических решений;  
СППВР – система поддержки принятия врачебных решений;  
ССЗ – сердечно-сосудистое заболевание;  
СУБД – система управления базами данных;  
ТБ – технология блокчейн;  
УМ – управляющий модуль;  
ЭВМ – электронная вычислительная машина;  
ЭМК – электронная медицинская карта;  
ЭЦ – энергетическая ценность.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методология DATARUN // Сервер Информационных Технологий «FORUM Cit». – URL: [http://www.citforum.mstu.edu.ru/database/case/glava3\\_1\\_1.shtml](http://www.citforum.mstu.edu.ru/database/case/glava3_1_1.shtml). (дата обращения: 21.01.2023).
2. 7 тенденций в цифровой медицине, которые будут доминировать в 2021 году // Новости и события мира телемедицины, mHealth, медицинских гаджетов и устройств. – URL: <https://evercare.ru/news/7-tendenciy-v-cifrovoy-medicine-kotorye-budut-dominirovat-v-2021-godu>. (дата обращения: 27.03.2022).
3. ВРwin // «КРМС: Менеджмент качества». – URL: <https://www.kpms.ru/Automatization/ВРwin.htm>. (дата обращения: 01.02.2023).
4. CASE-средства // «КРМС: Менеджмент качества». – URL: [https://www.kpms.ru/Automatization/CASE\\_tools.htm](https://www.kpms.ru/Automatization/CASE_tools.htm). (дата обращения: 29.01.2023).
5. De Bayser, M. ResearchOps: The case for DevOps in scientific applications / M. De Bayser, R. Cerqueira, L. Guerreiro Azevedo. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/283757158>. (дата обращения: 12.09.2022).
6. de la Torre, Eva M. 2021 RER 3M indicators de la Torre et al. / Eva M. de la Torre, Fernando Casani, Carmen Perez-Esparrells, // Revista de Estudios Regionales. – July, 2021. – P. 97-128.
7. Degener, Cassondra D. Comparing MUST and the NRI Tools in the Identification of Malnutrition in Heart Failure Patients / Cassondra D. Degener // DNP Projects. 36. – 2015. – URL: [https://uknowledge.uky.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1036&context=dnp\\_etds](https://uknowledge.uky.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1036&context=dnp_etds). (дата обращения: 25.03.2022).
8. Health information systems // World Health Organization (2008): официальный сайт. – URL: [https://www.who.int/whosis/whostat/EN\\_WHS08\\_Full.pdf](https://www.who.int/whosis/whostat/EN_WHS08_Full.pdf). (дата обращения: 27.03.2022).
9. III.6.1.4.2. Семейство Березовые – Betulaceae / Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова // «StudFiles». – URL: <https://studfile.net/preview/1444532/page:30/>. (дата обращения: 20.01.2023).

10. Khlopotov, R.S. An Algorithm for Constructing a Dietary Survey Using a 24-h Recall Method / R.S. Khlopotov // Artificial Intelligence Application in Networks and Systems; Proceedings of 12-th Computer Science On-line Conference. – Volume 3. – 2023. – Pp. 452-462.
11. Liang, H. HMDC: Live Virtual Machine Migration Based on Hybrid Memory Copy and Delta Compression / H. Liang, Zh. Jia, X. Gaochao, D. Yan // Appl. Math. Inf. Sci.– China, 2013. – № 7. – P. 639-646.
12. Maistrou, A.I. Technology of automated medical diagnostics using fuzzy linguistic variables and consensus ranking methods / A.I. Maistrou, A.V. Bogomolov // IFMBE Proceedings World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering: Diagnostic and Therapeutic Instrumentation, Clinical Engineering. Cycle: «World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering: Diagnostic and Therapeutic Instrumentation, Clinical Engineering» Munich. – 2009. – P. 38-41.
13. Matthias, K. Docker: Up & Running. Shipping Reliable Containers in Production / K. Matthias, S. Kane // CA, USA: Computer12. – 2015. – P. 198.
14. Perera, P. Improve Software Quality through Practicing DevOps / P. Perera, R. Silva, I. Perera // USA. – 2017 International Conference on Advances in ICT for Emerging Regions. – 2017. – P.13-18.
15. Reinhold Haux Medical informatics: Past, present, future. / Reinhold Haux // International journal of medical informatics. – 2010. – № 79. – P. 599-610.
16. Svirsky, P. Блокчейн в медицине и фармацевтике: полный обзор возможностей / P. Svirsky // Бизнес, технологии, идеи, модели роста, стартап. – URL: <https://vc.ru/u/613021-pavel-svirsky/179894-blokcheyn-v-medicine-i-farmaceutike-polnyu-obzor-vozmozhnostey>. (дата обращения: 27.11.2022).
17. Tokunaga, R. / R Tokunaga, Y Sakamoto, S Nakagawa, Y Miyamoto, N Yoshida, E Oki, et al. // Prognostic nutritional index predicts severe complications, recurrence, and poor prognosis in patients with colorectal cancer undergoing primary tumor resection. Dis Colon Rectum. – 2015. – 58(11). – P.1048-1057.
18. Velasco, C. Comparison of four nutritional screening tools to detect nutritional risk in hospitalized patients: a multicentre study / C. Velasco, E. Garcia,

V. Rodriguez, L. Frias, R. Garriga, J. Alvarez, P. Garcia-Peris, M. Leon // *European Journal of Clinical Nutrition*. – February, 2011. – P. 269-274.

19. Yourdon E. *Modern structured analysis* / Edward Yourdon. – Englewood Cliffs (N. J.): Yourdon press, Cop. 1989. – 672 p.

20. Абдуманонов, А. А. О проектировании медицинских баз данных и информационных систем для организации и управления лечебно-диагностических процессов / А. А. Абдуманонов, Р. Э. Алиев, М. К. Карабаев, В. Г. Хошимов // *Т-Сomm: Телекоммуникации и транспорт*. – 2016. – Том 10. – №1. – С. 45-53.

21. Автоматизированная система «Лечебное питание 2.0» // Медицинский институт реабилитации и косметологии им. З. М. Никифоровой. – URL: [https://mirk.msk.ru/stati/article\\_post/avtomatizirovannaya\\_sistema\\_lechebnoe\\_pitaniye-2-0](https://mirk.msk.ru/stati/article_post/avtomatizirovannaya_sistema_lechebnoe_pitaniye-2-0). (дата обращения 19.03.2023).

22. Автоматизированное проектирование информационных систем на основе CASE-технологии // «GidHab». – URL: [https://github.com/kolei/PiRIS/blob/master/articles/5\\_1\\_1\\_9\\_case.md](https://github.com/kolei/PiRIS/blob/master/articles/5_1_1_9_case.md). (дата обращения: 29.01.2023).

23. Автоматизированное рабочее место врача // ICL Техно – российский производитель вычислительной техники. – URL: <https://icl-techno.ru/about/articles/raboochee-mesto-vracha/>. (дата обращения 19.03.2023).

24. Азгальдов, Г. Г. Квалиметрия для всех: учеб. пособие / Г. Г. Азгальдов, А. В. Костин, В. В. Садовов. – М.: ИД ИнформЗнание, 2012. – 165 с.

25. Александров, Д. В. Инструментальные средства информационного менеджмента. CASE-технологии и распределенные информационные системы: учебное пособие. / Д. В. Александров. – М.: Финансы и статистика, 2011. – 225 с.

26. Алексанков, С. М. Модель динамической миграции виртуальных машин с гибридным подходом / С. М. Алексанков // *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*. – 2017. – № 5. – С. 18-21.

27. Алиментарно-зависимые заболевания и их профилактика // Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Москве». – URL: [https://mossanexpert.ru/informatsiya-dlya-grazhdan/zabolevaniya/?ELEMENT\\_ID=1807](https://mossanexpert.ru/informatsiya-dlya-grazhdan/zabolevaniya/?ELEMENT_ID=1807). (дата обращения: 02.03.2023).

28. Анализ на пищевую непереносимость: тест и диагностика // Лор-книлика «Ухо, горло, нос». – URL: <https://lorlor.ru/services/lechenie-pischevoy-pererenosimosti/>. (дата обращения: 07.03.2023).

29. Ананина, В. А. Сборника рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания / В. А. Ананина, С. Л. Ахиба, В. Т. Лапшина, Р. М. Мальгина, В. Л. Соколов, А. П. Рубан, З. И. Ясюченя; под редакцией Ф. Л. Марчука. – Москва: «Хлебпродинформ», 1996. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293838/4293838083.pdf>. (дата обращения: 20.02.2023).

30. Анфиногенов, И. Медицинские информационные системы в России: тренды и прогнозы развития МИС на 2021-2024 годы / И. Анфиногенов // Медицинские информационные системы «Archi Med». – URL: <https://archimed.pro/blog/meditsinskie-informatsionnye-sistemy-v-rossii-trendy-i-prognozy-razvitiya-mis-na-2021-2024-gody/>. (дата обращения: 26.03.2022).

31. Баранов, А. В. Использование контейнерной виртуализации в организации высокопроизводительных вычислений / А. В. Баранов, Д. С. Николаев // Программные системы: теория и приложения. – 2016. – Том 7. – № 1 (28). – С. 117-134.

32. Бахтизин, В. В. Выбор модели жизненного цикла разработки программных средств и систем на основе сводной таблицы критериев классификации проекта / В. В. Бахтизин, Л. А. Глухова // Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. – 2005. – № 1. – С. 110-113.

33. Белый, В. С. Определение компетентности экспертов, привлекаемых для проведения экспертизы / В. С. Белый, Д. А. Середа // Образовательная социальная сеть «nsportal.ru». – URL: <https://nsportal.ru/vuz/pedagogicheskie-nauki/library/2018/11/22/opredelenie-kompetentnosti-ekspertov-privlekaemyh-dlya>. (дата обращения: 07.02.2023).

34. Блокчейн в здравоохранении, медицине и фармацевтике // Исследования и консалтинг в области технологий «МАИНДСМИТ». – URL: <https://mindsmith.io/blockchain-healthcare/>. (дата обращения: 25.03.2022).



35. Бойцов, С. А. Исследование ЭССЕ-РФ (Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний и их факторов риска в регионах Российской Федерации). Десять лет спустя // С. А. Бойцов, О. М. Драпкина [и др.]. // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2021. – 20 (5). – URL: <https://cardiovascular.elpub.ru/jour/article/view/3007>. (дата обращения: 19.03.2023)

36. Борисова, Т. С. Основы гигиены детей и подростков: учеб. пособие / Т. С. Борисова, Н. В. Бобок, М. М. Солтан, Ж. П. Лабодаева. – Электрон. дан. – Минск : Новое знание, 2018. – 390 с.

37. Бракоренко, А. С. Тестирование и обеспечение качества программно-технических комплексов на основе использования виртуальных технологических объектов / А. С. Бракоренко // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. – 2014. – № 2. – С.75-79.

38. Бурцева, Е. В. Исследование нутритивного статуса пациентов холл с помощью методов антропометрии и биоимпедансометрии // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 2. – URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=5912>. (дата обращения: 25.03.2023).

39. Ветошкин, В. М. Методика построения концептуальной информационной модели организационной системы / В. М. Ветошкин, О. В. Саяпин // Известия ЮФУ. Технические науки. – URL: <https://docplayer.com/36994882-V-m-vetoshkin-o-v-sayapin-methodology-of-development-of-the-conceptual-information-model-of-the-system-database.html>. (дата обращения: 02.05.2022).

40. Вычислительные аспекты задач цифровой нутрициологии / М. Б. Гавриков [и др.] // Препринты ИПМ им. М. В. Келдыша. – 2019. – № 136. – 16 с.

41. Газуль, С. М. Принципы проектирования гибридной информационной системы для поддержки образовательного процесса в высшем учебном заведении / С. М. Газуль // Вестник СПбГЭУ. – 2014. – Выпуск 5 (72). – С. 58-61.

42. Гари Уорен Кинг Объектно-ориентированный подход действительно лучше структурного / Гари Уорен Кинг // «SoftCraft: разноликое

программирование». – URL: <http://www.softcraft.ru/design/woop/>. (дата обращения: 18.01.2023).

43. Гигиенические основы рационального питания. Оценка адекватности фактического питания : учеб.-метод. пособие / О. Н. Замбрицкий, Н. Л. Бацукова. – 4-е изд. – Минск : БГМУ, 2020. – 44 с.

44. Глава 4. Алиментарно-зависимые заболевания и их профилактика // Электронная медицинская библиотека «Консультант врача». – URL: <https://www.rosmedlib.ru/doc/ISBN9785970437063-0006/-esf2k2z11-tabrel-mode-pgs.html>. (дата обращения: 23.02.2023).

45. Голосовский, М. С. Модель жизненного цикла разработки программного обеспечения в рамках научно-исследовательских работ / М. С. Голосовский // Альманах современной науки и образования. – 2013. – № 4. – С. 40-43.

46. Голубева, А. В. Архитектура автоматизированных интегрированных производственных систем / А. В. Голубева, И. С. Гришин, В. Г. Митрофанов. // Вестник МГТУ «СТАНКИН». – № 2. – 2008. – С. 82-86.

47. Гордеев, Л. В. Сравнительное тестирование контейнерной и гипервизорной виртуализации / Л. В. Гордеев, А. В. Горелик // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения. – 2018. – № 2. – С 60-64.

48. ГОСТ Р 56939-2016. Национальный стандарт Российской Федерации. Защита информации. Разработка безопасного программного обеспечения. Общие требования. – М.: Госстандарт, 2016. – 16 с.

49. ГОСТ 34.603–92. Виды испытаний автоматизированных систем – М.: Издательство стандартов, 2009 с поправкой (ИУС1 – 2003). – 16 с.

50. ГОСТ Р 51241–2008. Средства и системы контроля и управления доступом. Классификация. Общие технические требования. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2009. – 32 с.

51. ГОСТ Р ИСО/МЭК 10746-1–2004. Информационная технология. Открытая распределенная обработка. Базовая модель. Часть 1. Основные положения. – М.: Госстандарт России, 2001. – 81 с.

52. ГОСТ Р Р ИСО/МЭК 12207-99 Информационная технология. Процессы жизненного цикла программных средств = Information technology. Software life cycle processes: государственный стандарт РФ: издание официальное: утвержден и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 23.12.1999 г. № 675-ст: введен впервые: дата введения 2000-07-01 / разработан Всероссийским научно-исследовательским институтом стандартизации. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200009075>. (дата обращения: 12.01.2023).

53. Грибанов, А. О. Проектирование информационных систем (в MS Visio): метод. указания по выполнению практических работ для студентов специальности / сост. А.О. Грибанов. – Краснодар: ИМСИТ, 2007. – 80 с.

54. Гусев, А. В. Тренды и прогнозы развития медицинских информационных систем в России / А. В. Гусев, М. А. Плисс, М. Б. Левин, Р. Э. Новицкий // Врач и информационные технологии. – 2019. – № 2. – С. 38–49.

55. Гусев, А. О проекте «Создания единого цифрового контура» / А. Гусев // Комплексные медицинские информационные системы: официальный сайт. – URL: <http://www.kmis.ru/blog/o-proekte-sozdaniia-edinogo-tsifrovogo-kontura>. (дата обращения: 27.03.2022).

56. Драпкина, О. М. Снижение и «удержание» массы тела - известное неравенство в рамках профилактики хронических неинфекционных заболеваний / С. О. Елиашевич, В. А. Дадаева, О. М. Драпкина // Profilakticheskaya Meditsina. – 2022. – Т. 25. – № 3. – С. 85-91.

57. Дэвид А. Марк Методология структурного анализа и проектирования SADT / Дэвид А. Марк, Клемент МакГоуэн // Компания «Интерфейс». – URL: <https://www.interface.ru/fset.asp?Url=/case/sadt1.htm>. (дата обращения: 09.02.2023).

58. Елисеева, Л. Г. Оценка рациона питания с учетом вариабельности данных химического состава продуктов / Л. Г. Елисеева, Н. М. Портнов // Вопросы питания. – 2020. – Том 89. – № 2. – С. 77-89.

59. Заболеваемость населения по основным классам, группам и отдельным болезням на 100 тыс. чел. населения, случаев // Федеральная служба

государственной статистики – URL: <https://rosstat.gov.ru/about>. (дата обращения: 26.02.2023).

60. Индекс массы тела (индекс Кетле). Нормальный вес. // Калькулятор: справочный портал. – URL: <https://www.calc.ru/Indeks-Massy-Tela-Indeks-Ketle-Normalniy-Ves.html>. (дата обращения: 05.04.2022).

61. Информационно-логическая модель ИС / Воронежский государственный технический университет // «StudFiles». – URL: <https://studfile.net/preview/4290070/page:2/>. (дата обращения: 07.02.2023).

62. Информационные технологии в здравоохранении 2015: главная роль отдана регионам // Интернет-издание о высоких технологиях «CNews». – URL: <http://www.cnews.ru/reviews/publichealth2015>. (дата обращения: 27.03.2022).

63. Каганов, Б. Лечебное питание при хронических заболеваниях / Б. Каганов, Х. Шарафетдинов. – М.: Эксмо, 2014. – 320 с.

64. Казакова, Т. С. Методы проведения антропометрических исследований с целью определения состояния физического здоровья / Т. С. Казакова, Е. Э. Нурмамедова // Медицина и здравоохранение: материалы V междунар. науч. конф. (г. Казань, май 2017 г.). – Казань: Издательство «Бук», 2017. – С. 1-4.

65. Калянов, Г. Н. Консалтинг при автоматизации предприятий: подходы, методы, средства / Г. Н. Калянов // Компания «Интерфейс». – URL: <https://www.interface.ru/fset.asp?Url=/case/defs92.htm>. (дата обращения: 21.01.2023).

66. Камбаров, А. О. Структура питания населения России на рубеже XX и XXI столетий / А. О. Камбаров, А. К. Батурин, А. Н. Мартинчик // Вопросы питания. – 2020. – Т. 89. – № 4. – С. 60-70.

67. Карамнова, Н. С. Методы изучения питания: варианты использования, возможности и ограничения / Н. С. Карамнова, О. В. Измайлова, О. Б. Швабская // Профилактическая медицина. – 2021. – Т. 24. – №8. – С. 109-116.

68. Карпова, И. П. Базы данных. Курс лекций и материалы для практических заданий: учеб. пособие / И. П. Карпова. – М.: Питер, 2013. – 240 с.

69. Клинические рекомендации по диагностике и коррекции нарушений пищевого статуса // Национальная ассоциация клинического питания. – URL:

[https://samaradc.ru/allfiles/202107/Klinicheskie\\_rekomendatsii\\_po\\_diagnostike\\_i\\_korreksii\(1134-4OgHn\).pdf](https://samaradc.ru/allfiles/202107/Klinicheskie_rekomendatsii_po_diagnostike_i_korreksii(1134-4OgHn).pdf). (дата обращения: 05.03.2023).

70. Консультативно-диагностический центр «Здоровое питание» // Самарский государственный медицинский университет. – Самара. – URL: <http://www.samsmu.ru/clinics/diet/>. (дата обращения: 19.03.2022).

71. Копаница, Г. Обработка и передача медицинской статистики на основе международного стандарта / Г. Копаница // Бюллетень сибирской медицины. – 2014. – Том 13.– № 4. –С. 53-57.

72. Корнеев, К. Сколько умирает россиян по регионам – названы регионы с самой высокой смертностью / К. Корнеев // Новости технологий и не только. – URL: <https://zenovet.ru/11/01/skolko-umiraet-rossiyan-po-regionam-nazvany-regiony-s-samoj-vysokoj-smertnostyu/amp/>. (дата обращения: 27.02.2023).

73. Кулаков, К. А. Основы тестирования программного обеспечения / К. А. Кулаков, В. М. Димитров // Петрозаводский государственный университет. – Петрозаводск : Издательство ПетрГУ. – 2018. – С. 52-55.

74. Кумагина, Е. А. Модели жизненного цикла и технологии проектирования программного обеспечения: учеб.-метод. пособие / Е. А. Кумагина, Е. А. Неймарк. – Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2016. – 41 с.

75. Курганов, М. Остеопороз. Вопросы и ответы / М. Курганов // Медицинский научно-практический центр вертебрологии и нейроортопедии профессора Курганова М. Л. – Ростов-на-Дону. – URL: <http://kurganov.pro/> Остеопороз.Вопросы и ответы. (дата обращения: 20.03.2022).

76. Кусова, А Р. Основы рационального питания. Макронутриенты: метод. пособие для самостоятельной работы студентов фармацевтического факультета / А. Р. Кусова. – URL: [https://studopedia.ru/7\\_171981\\_metodi-izucheniya-fakticheskogo-pitaniya.html](https://studopedia.ru/7_171981_metodi-izucheniya-fakticheskogo-pitaniya.html). (дата обращения: 15.01.2022).

77. Кучма, В. Р. Практические занятия по гигиене питания «Оценка полноценности и адекватности питания. Коррекция фактического пищевого рациона»: учеб.-метод. пособие для студентов педиатрического факультета. /

В. Р. Кучма, Ж. Ю. Горелова, Н. Л. Ямщикова. – М.: Первый МГМУ им. И. М. Сеченова. – 30 с.

78. Лекция 4. Методология и технология создания информационных систем // Образовательный портал ТГУ. – URL: [https://edu.tltsu.ru/sites/sites\\_content/site216/html/media67140/lec4\\_is-2.pdf](https://edu.tltsu.ru/sites/sites_content/site216/html/media67140/lec4_is-2.pdf). (дата обращения: 12.01.2023)

79. Лекция 6: Методологии моделирования предметной области // Национальный открытый университет «Институт». – URL: <https://intuit.ru/studies/courses/2195/55/lecture/1628>. (дата обращения: 09.02.2023).

80. Леусенко, А. Что такое блокчейн (Blockchain) – простым языком / А. Леусенко // Altcoing. – URL: <https://altcoinlog.com/chto-takoe-blockchain-technology/>. (дата обращения: 26.11.2022).

81. Лисин, П. А. Компьютерные технологии в рецептурных расчетах молочных продуктов / П. А. Лисин. – М.: ДеЛи принт, 2007. – 104 с.

82. Лисицын, А. Б. Оценка качества белка с использованием компьютерных технологий / А. Б. Лисицын, М. А. Никитина, Е. Б. Сусь // Пищевая промышленность. – № 1. – 2016. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-kachestva-belka-s-ispolzovaniem-kompyuternyh-tehnologiy/viewer>. (дата обращения: 16.08.2022).

83. Лямина, Н. П. Информационно-коммуникационные технологии в медицине: современные тренды / Н. П. Лямина, Е. В. Котельникова, А. В. Наливаева, Э. С. Карпова // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 3. – URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=24473> (дата обращения: 25.03.2022).

84. Малых, В. Л. Системы поддержки принятия решений в медицине / В. Л. Малых // Программные системы: теория и приложения. – Т. 10. – 2019. – №2 (41). – С. 155-184.

85. Марычев, П. Г. Методика оценки компетентности экспертов / П. Г. Марычева // Вестн. Самар. гос. техн. ун-та. – 2018. – Сер. Технические науки. – № 4 (60). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-otsenki-kompetentnosti-ekspertov-1/viewer>. (дата обращения: 03.02.2023).

86. Мейер, М. Теория реляционных баз данных / Д. Мейер; пер. с англ. М. К. Валиева и др.; под ред. М. Ш. Цаленко. – М.: Мир, 1987. – 608 с.
87. Мельник, Г. Ю. Медицинские информационные системы и их классификация / Г. Ю. Мельник // Образовательная социальная сеть «nsportal.ru». – URL: <https://nsportal.ru/npo-spo/informatika-i-vychislitel'naya-tekhnika/library/2018/06/29/meditsinskie-informatsionnye>. (дата обращения: 27.03.2022).
88. Методические рекомендации «Картотека блюд диетического лечебного питания оптимизированного состава с включением специализированных пищевых продуктов диетического лечебного и диетического профилактического питания от 16.07.2021 г. / Министерство здравоохранения РФ. – URL: [https://rosdiet.ru/f/metodichkskie\\_rekomendacii\\_kartoteka.pdf](https://rosdiet.ru/f/metodichkskie_rekomendacii_kartoteka.pdf). (дата обращения: 20.02.2023).
89. Методологии моделирования, поддерживаемые bpWin / Российский государственный социальный университет // «StudFiles». – URL: <https://studfile.net/preview/4654649/page:2/>. (дата обращения: 01.02.2023)
90. Методология IDEF0(SADT). Построение IDEF0-модели процесса / Московский государственный университет пищевых производств // «StudFiles». – URL: <https://studfile.net/preview/7875104/page:6/>. (дата обращения: 23.01.2023).
91. Методология проектирования информационных систем // Студопедия. – URL: [https://studopedia.ru/3\\_20790\\_metodologiya-proektirovaniya-informatsionnih-sistem.html](https://studopedia.ru/3_20790_metodologiya-proektirovaniya-informatsionnih-sistem.html). (дата обращения: 15.01.2023).
92. Методы изучения состояния фактического питания различных групп населения // Тихоокеанский институт дополнительного образования. – URL: <https://studfile.net/preview/6759764/page:20/>. (дата обращения: 15.02.2023).
93. Методы объектно-ориентированного анализа и проектирования программного обеспечения. Язык моделирования uml / Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова // «StudFiles». – URL: <https://studfile.net/preview/1848692/page:54/>. (дата обращения: 18.01.2023).
94. Методы оценки фактического питания и пищевого статуса взрослых // Тихоокеанский институт дополнительного образования. – URL: [https://asklepiya.ru/f/metody\\_ocenki\\_fakticheskogo\\_pitaniya.pdf](https://asklepiya.ru/f/metody_ocenki_fakticheskogo_pitaniya.pdf). (дата обращения: 09.02.2023).

95. МР2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения РФ» от 18.12.2008 г. / разработаны Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. – URL: <https://www.23expert.ru/storage/app/uploads/public/5ea/c94/bc8/5eac94bc8d4db553701305.pdf>. (дата обращения: 21.02.2023).

96. Мышенков, К. С. Методика обоснования выбора CASE-средств для анализа и проектирования систем управления предприятиями / К. С. Мышенков // Инновации. – № 10. – 2013. – С. 112-122.

97. Надточий, Л. А. Проектирование состава продуктов питания с заданными свойствами: учеб. – метод. пособие. / Л. А. Надточий, А. Ю. Чечеткина, А. И. Лепешкин. – СПб. Университет ИТМО, 2020. – 46 с.

98. Никитюк, Д. Б. Оценка типов телосложения пациентов с ожирением I-III степени по схеме хит-картера с помощью различных формул / М. М. Семенов, К. В. Выборная, Р. М. Раджабкадиев, К. М. Гаппарова, Х. Х. Шарафетдинов, З. М. Зайнудинов, Д. Б. Никитюк // Вестник восстановительной медицины. – 2022. – 21. – № 6. – С. 78-90.

99. Николаев, Д. В. Лекции по биоимпедансному анализу состава тела человека / Д. В. Николаев, С. П. Щелыкалина. – М.: РИО ЦНИИОИЗ МЗ РФ, 2016. – 152 с.

100. Нутрициология для «чайников»: с чего начать? // Международный институт интегративной нутрициологии. – URL: <https://miin.ru/blog/nutritsiologiya-dlya-chaunikov/>. (дата обращения: 07.04.2022).

101. Нутриционная оценка и методика // LLL Program in Clinical Nutrition and Metabolism. – URL: [https://lllnutrition.com/mod\\_III/RU/Topic3\\_ru/31.pdf](https://lllnutrition.com/mod_III/RU/Topic3_ru/31.pdf). (дата обращения: 01.04.2022).

102. Окунь, А. От кронциркуля до томографа: как измерить состав тела / А. Окунь // Официальный сайт «GrinDin». – URL: <https://www.grindin.ru/blog/от-кронциркуля-до-томографа/>. (дата обращения: 09.02.2023).

103. Описание программ AllFusion Process Modeler v7 Краткая характеристика AllFusion Process Modeler 4.1.4 / Московский государственный



университет экономики, статистики и информатики (МЭСИ) // «StudFiles». – URL: <https://studfile.net/preview/4434005/page:3/>. (дата обращения: 30.01.2023).

104. Осипов, Д. Л. Технологии проектирования баз данных: учеб. пособие / Д. Л. Осипов. – М.: ДМК Пресс, 2019. – 498 с.

105. Основные различия между нутрициологом и диетологом // Виртуальная образовательная ярмарка Малазии «EduAdvisor». – URL: <https://educadvisor.my/articles/major-differences-between-a-dietitian-and-a-nutritionist/>. (дата обращения: 19.03.2022).

106. Оценка нутритивного статуса пациента // ФГБУ «Клиническая больница №1» (Волынская) Управления делами Президента РФ. – URL: <https://volynka.ru/articles/text/1007>. (дата обращения: 01.02.2023).

107. Петрова, Т. Н. Алиментарные заболевания и их профилактика / Т. Н. Петрова // ФГБОУ ВО «Воронежская государственная медицинская академия им. Н. Н. Бурденко» Министерства здравоохранения РФ. – URL: <http://fnc-mich.ru/media/attachments/2021/07/03/petrova.pdf>. (дата обращения: 24.02.2023).

108. Плащевая, Е. В. Медицинские информационные системы: метод. указания для самоподготовки студентов; ФГБОУ ВО «Амурская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения РФ / Е. В. Плащевая. – URL: [https://www.amursma.ru/upload/iblock/825/Medicinskie\\_informacionnye\\_sistemy.pdf](https://www.amursma.ru/upload/iblock/825/Medicinskie_informacionnye_sistemy.pdf). (дата обращения: 27.03.2022).

109. Подготовка к полному осмотру врачом нутрициологом // MedBooking: врачи, клиники и медицинские услуги в Москве. – URL: <https://medbooking.com/blog/article/zheludochno-kishechnyj-trakt/podgotovka-k-polnomu-osmotru-vrachom-nutritsiologom>. (дата обращения: 05.04.2022).

110. Понять дерево Меркле за блокчейном // Русские блоги. – URL: <https://russianblogs.com/article/7118458548/>. (дата обращения: 27.11.2022).

111. Попова-Коварцева, Д. А. Основы проектирования баз данных: учеб. пособие / Д. А. Попова-Коварцева, Е. В. Сопченко. – Самара: Изд-во Самарского университета, 2019. – 112 с.

112. Портнов, А. Нутрициолог: что лечит, когда обращаться? / А. Портнов // Я живу! Я здоров! – URL: [https://m.ilive.com.ua/health/nutriciolog\\_105314i16051.html](https://m.ilive.com.ua/health/nutriciolog_105314i16051.html). (дата обращения: 07.04.2022).

113. Портнов, Н. М. Практическое использование базы данных гликемических индексов для расчёта гликемической нагрузки продуктов в компьютерной программе оценки фактического питания / Н. М. Портнов, В. Б. Розанов // Врач и информационные технологии. – 2019. – № 2. – С. 19-28.

114. Портов, Н. М. Компьютерные программы оценки фактического питания / Н. М. Портов // 1 С: Планового питания. – URL: <http://www.1ср.ru/m/kpofp.pdf>. (дата обращения: 25.04.2022).

115. Презентация «Структура заболеваемости населения Алиментарно-зависимые заболевания» // Презентации на любую тему «Present5». – URL: <https://present5.com/struktura-zabolevaemosti-naseleniya-alimentarno-zavisimye-zabolevaniya-alimentarnozavisimye/>. (дата обращения: 02.03.2023).

116. Приложение Г3. Скрининг нутритивного риска // Российский журнал гериатрической медицины. – 2001. – № 1. – URL: <https://www.geriatri-news.com/jour/article/view/132/70>. (дата обращения: 01.04.2022).

117. Прилуцкий, А. С. Пищевая аллергия. Возможные пути повышения эффективности профилактики и лечения / А. С. Прилуцкий // *Juvenis scientia*. – 2022. – Том 8. – № 2. – С. 15-34.

118. Проектирование баз данных. Основы проектирования реляционных баз данных // Национальный открытый университет «Институт». – URL: [http://www.intuit.ru/studies/professional\\_retraining/953/courses/191/info](http://www.intuit.ru/studies/professional_retraining/953/courses/191/info). (дата обращения: 02.05.2022).

119. Проектирование информационных систем: Сравнительный анализ структурного и объектно-ориентированного подходов // «Studref». – URL: [https://studref.com/382639/informatika/sravnitelnyu\\_analiz\\_strukturnogo\\_obektno\\_orientirovannogo\\_podhodov](https://studref.com/382639/informatika/sravnitelnyu_analiz_strukturnogo_obektno_orientirovannogo_podhodov). (дата обращения: 20.01.2023).

120. Пугаев, А. В. Оценка состояния питания и определение потребности в нутритивной поддержке: учебное пособие для системы послевузовского проф.

образования врачей / А. В. Пугаев, Е. Е. Ачкасов; Российская акад. естественных наук, Московская мед. акад. им. И. М. Сеченова. – Москва: Профиль, 2007. – 86 с.

121. Разновидности автоматизированных рабочих мест медицинского персонала. Использование компьютерных технологий в приборах и аппаратуре медицинского назначения. // ООО «Инфоурок» – курсы, тесты, видеолекции, материалы для учителей. – URL: <https://infourok.ru/raznovidnosti-avtomatizirovannih-rabochih-mest-medicinskogo-personala-ispolzovanie-kompyuternih-tehnologiy-v-priborah-i-apparatu-3149982.html>. (дата обращения: 25.04.2022).

122. Разработка функциональной модели системы средствами AllFusion Process Modeler / Novikontas Maritime College // «StudFiles». – URL: <https://studfile.net/preview/16404567/page:5/>. (дата обращения: 05.02.2023).

123. Разумов, А. Н. Физическая и реабилитационная медицина в педиатрии / А. Н. Разумов, М. А. Хан, И. В. Погонченкова. – ГЭОТАР-Медиа, 2022. – 632 с.

124. Раузина, С. Е. Медицинские информационные системы в лечебно-диагностическом процессе. Электронные медицинские документы / С. Е. Раузинга // РНИМУ им. Н. И. Пирогова. – URL: [http://do.rsmu.ru/fileadmin/user\\_upload/mbf/c\\_kibernetiki/Avtomatizirovannoe\\_rabochee\\_mesto\\_vracha\\_ARM\\_ENMK.pdf](http://do.rsmu.ru/fileadmin/user_upload/mbf/c_kibernetiki/Avtomatizirovannoe_rabochee_mesto_vracha_ARM_ENMK.pdf). (дата обращения 17.03.2023).

125. Родионов, А. В. Эффективная оценка внедрения информационной системы управления в производство / А. В. Родионов, К. Г. Любавских // Наука и современность. – Елец, 2016. – С. 76-78.

126. Роль нутрициолога как консультанта по здоровому образу жизни и питанию // Современная научно-технологическая академия «СНТА». – URL: <https://www.snta.ru/press-center/rol-nutritsiologa-kak-konsultanta-po-zdorovomu-obrazu-zhizni-i-pitaniyu/>. (дата обращения: 07.04.2022).

127. Саати, Т. Принятие решений: метод анализа иерархий / Т. Саати; пер. с англ. Р. Г. Вачнадзе. – Москва: Радио и связь, 1993. – 314 с.

128. Садыкова, Е. В. Математические и концептуальные модели заболеваний для системы поддержки принятия решений врача-клинициста / Е. В. Садыкова, О. В. Максимова // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2010. – № 11. – С. 39-43.

129. СанПиН 2.4.5.2409-08. Санитарно-эпидемиологические требования к организации питания обучающихся в общеобразовательных учреждениях, учреждениях начального и среднего профессионального образования // Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 25.03.2019 г. № 6. – URL: [https://school-134.krn.eduru.ru/media/2020/09/22/1242909917/normy\\_SanPin\\_2.4.5.2409-08.pdf](https://school-134.krn.eduru.ru/media/2020/09/22/1242909917/normy_SanPin_2.4.5.2409-08.pdf). (дата обращения: 16.03.2023).

130. Сборник рецептов блюд диетического питания для предприятий общественного питания / Укр. НИИ торговли и обществ. питания, Ин-т питания АМН СССР; [Разраб. В. И. Шалун и др.]. – Киев: Тэхника, 1989. – 406 с.

131. Селиванова, И. А. Построение и анализ алгоритмов обработки данных: учеб.-метод. пособие / И. А. Селиванова, В. А. Блинов. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 108 с.

132. Сергевнин, В. И. Расследование вспышек острых кишечных инфекций: методические указания / В. И. Сергевнин, В. Л. Ярков, И. С. Шарипова, А. Н. Сковородин, Е. В. Сармометов // Государственная система санитарно-эпидемиологического нормирования РФ Центр госсанэпиднадзора в Пермской области Пермская государственная медицинская академия. – URL: <http://www.rusmedserv.com/epidinf/stat8.htm>. (дата обращения: 09.02.2023).

133. Сизова, В. В. Рациональное питание. Лечебное питание. Алиментарные заболевания. Пищевые отравления. / В. В. Сизова // МГПОУ МО «Московский областной медицинский колледж № 1» – URL: <http://sizovavvc.ru/wp-content/uploads/2022/10/Лекция5гигвеч22.pdf>. (дата обращения: 17.02.2023).

134. Система моделирования бизнес-процессов AllFusion Process Modeler / Санкт-Петербургский государственный экономический университет // «StudFiles». – URL: <https://studfile.net/preview/7631203/page:33/>. (дата обращения: 30.01.2023).

135. Системы поддержки принятия врачебных решений // Искусственный интеллект для здравоохранения. – URL: <https://sbermed.ai/sistemy-podderzhki-prinyatiya-vrachebnykh-resheniy/>. (дата обращения: 09.02.2023).

136. Справочник по диетологии / [Е. А. Беюл и др.]; под ред. М. А. Самсонова, А. А. Покровского. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Медицина, 1992. – 463 с.

137. Сравнение объектно-ориентированного и структурного подхода // «StudFiles». – URL: <https://studfile.net/preview/423769/page:4/>. (дата обращения: 18.01.2023).

138. Стариков, В Инструментальные средства поддержки жизненного цикла программного обеспечения / В. Стариков, М. Зеленцова // Учеб.-исследовательская лаборатория «Математические и программные технологии для современных компьютерных систем (Информационные технологии)»: Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. – URL: <http://www.itlab.unn.ru/MiniProjects/PLC/Conspect.pdf>. (дата обращения: 05.02.2023).

139. Структурный подход к проектированию ИС / Омский Государственный Технический Университет // «StudFiles». – URL: <https://studfile.net/preview/2704746/page:7/>. (дата обращения: 18.01.2023).

140. Тема № 6. Автоматизированное рабочее место медицинского работника // Авторские, энциклопедические, справочные материалы. Блоги. – URL: <https://pandia.ru/text/82/150/95331.php>. (дата обращения: 25.04.2022).

141. Тобин, Д. С. Анализ требований к информационному обеспечению поддержки принятия решений должностными лицами органов военного управления / Д. С. Тобин, Д. С. Теремов, С. И. Прудников // Научный сборник ВАГШ № 84.– М.: ВАГШ, 2020. – С. 331-341.

142. Тобин, Д. С. Сетевая экспертно-аналитическая платформа как инструментальное средство поддержки принятия решений в распределенной среде / Д. С. Тобин // Вестник НГУЭУ. – 2020. – № 3. – С. 331-341.

143. Тренды развития искусственного интеллекта в медицине: аналитический обзор // ГБУ «Агентство инноваций города Москвы». – URL: [https://innoagency.ru/files/AI\\_in\\_Healthcare\\_AIM\\_2020.pdf](https://innoagency.ru/files/AI_in_Healthcare_AIM_2020.pdf). (дата обращения: 25.03.2022).

144. Третьякова, О. Кому и зачем нужен нутрициолог? / О. Третьякова // Beauty Insider. – URL: <https://www.beautyinsider.ru/2022/02/22/komu-i-zachem-nuzhen-nutriczolog/>. (дата обращения: 07.04.2022).

145. Трофимов, В. В. Использование виртуализации и контейнерной технологии для формирования информационной инфраструктуры / В. В. Трофимов, В. И. Кияев, С. М. Газуль // Сборник трудов XX Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям. – 2017. – С. 348-351.

146. Тудер, И. Ю. Коллективное моделирование предметной области большой размерности: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / И. Ю. Тудер– Москва, 2002. – 136 с.

147. Туманов, В. Е. Проектирование реляционных хранилищ данных: учеб. пособие / В. Е. Туманов, С. В. Маклаков. – М.: Диалог-МИФИ, 2007. – 333 с.

148. Тутельян, В. А. Микронутриенты в питании здорового и больного человека: справ. рук. по витаминам и минеральным веществам / В. А. Тутельян, В. Б. Спиричев [и др.]. – М.: Колос, 2002. – 424 с.

149. Файзуллина, Р. А. Лечебное питание детей : уч.-метод. пособие для студентов медицинских ВУЗов / Р. А. Файзуллина, Е. А. Самороднова. – Казань: КГМУ, 2015. – 2-е издание. – 104 с.

150. Фейламазова, С. А. Информационные технологии в медицине: уч. пособие для медицинских колледжей / С. А. Фейламазова. – Махачкала: ДБМК, 2016. – 163с.

151. Филист, С. А. Актуальные проблемы биомедицинской инженерии: компьютерные технологии для систем искусственного интеллекта / Н. А. Корневский, С. А. Филист // Биотехносфера. – 2012. – 2 (20). – С. 56-58.

152. Филист, С. А. Виртуальные потоки в гибридных решающих модулях классификации сложноструктурируемых данных / С. А. Филист, А. В. Киселев, Д. Ю. Савинов, О. В. Шаталова // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2018. – 2 (42). – С. 137-149.

153. Филист, С. А. Модель с динамической структурой для мониторинга и управления функциональным состоянием сложных систем / В. В. Протасова,

С. А. Филист, В. В. Федянин // Евразийский Союз Ученых. – 2015. – 2-4 (11). – С. 142-145.

154. Филист, С. А. Структурно-функциональная модель для мониторинга влияния управляющих воздействий на функциональное состояние самоорганизующихся систем / С. А. Филист, П. С. Кудрявцев, А. Н. Шуткин, В. В. Протасова // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2015. – 2 (30). – С. 105-118.

155. Филист, С. А. Универсальные сетевые модели для задач классификации биомедицинских данных / С. А. Филист, Р. А. Томакова, Д. Я. Зар // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – 4 (43). – С. 44-46.

156. Функциональная методика потоков данных / Московский государственный институт электроники и математики (технический университет) // «StudFiles». – URL: <https://studfile.net/preview/1644206/page:4/>. (дата обращения: 27.01.2023).

157. Химический состав блюд и кулинарных изделий: справ. табл. содерж. основ. пищевых веществ и энергет. ценности блюд и кулинар. изделий / под ред. И. М. Скурихина, М. Н. Волгарева. – М.: Журн. агентство «Гласность», 1994. – В 2 т. – 464 с.

158. Хлопотов, Р. С. Анализ трендов медицинской информатики / Р. С. Хлопотов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – № 3 (353). – 2022. – С. 135-147.

159. Хлопотов, Р. С. Анализ трендов развития автоматизированных систем решения задач гигиены питания / Р. С. Хлопотов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – № 3 (43). – 2022. – С. 140-157.

160. Хлопотов, Р. С. Особенности проектирования баз данных для автоматизированного рабочего места врача-нутрициолога / Р. С. Хлопотов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – Выпуск 9. – 2022. – С. 84-89.

161. Хлопотов, Р. С. Состояние и перспективы цифровой нутрициологии / Р. С. Хлопотов // Системный анализ в медицине: материалы XVI международной

научной конференции; под общ. ред. В.П. Колосова. – Благовещенск: ДНЦ ФПД. – 2022. – С. 204-206.

162. Хлопотов, Р. С. Технологии защиты конфиденциальных медицинских данных в информационной системе врача-нутрициолога / Р. С. Хлопотов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – Выпуск 5. – 2023. – С. 31-41

163. Чем нутрициолог отличается от диетолога // Сайт нутрициолога Юлии Гурбановой. – URL: <https://food101.ru/dietitian-vs-nutritionist>. (дата обращения: 19.03.2022).

164. Черникова, Н. А. Гликемический индекс и его роль в управлении и контроле сахарного диабета / Н. А. Черникова, О. А Кнышенко // Эндокринология: новости, мнения, обучение. – 2018. – Том 7. – № 4. – С. 16-22.

165. Что такое нутрициология и почему так важно правильно питаться // Нутрициолог. – URL: <https://nutriciologiya.ru/blog/nutriciologiya>. (дата обращения: 19.03.2022).



## ПРИЛОЖЕНИЕ

## Приложение А

Таблица А.1 – Сравнительный анализ объектно-ориентированного и структурного подхода [137, 42]

Объектно-ориентированный	Структурный
Моделируемая предметная область	
Набор взаимодействующих объектов	Набор функций
Системный анализ функциональной структуры	
-	+
Системный анализ поведения	
+	-
Физический уровень	
+	-
Аналогия модели данных	
Class Diagram	ERD - IDEFIX
Аналогия представления процессов	
Activity Diagram	IDEF 3
Декомпозиция	
Компонентная	Функциональная
Процесс разработки	
Моделирование	Алгоритмизация
Инструменты	
Язык UML	Различные графические диаграммы
Динамичность предметной области	
Для реализации динамических запросов к информационным хранилищам	Для решения четко регламентированных задач
Модель ИС	
Объектная	Функциональная
Достоинства	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- высокая степень открытости системы;</li> <li>- возможность трансформировать согласно динамическим запросам;</li> <li>- высокая степень унификации разработки ИС;</li> <li>- возможность повторного использования</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- проектирование ИС по принципу «сверху-вниз»;</li> <li>- высокая степень формализации декомпозиции ИС;</li> <li>- высокая степень наглядности представления модели</li> </ul>
Недостатки	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- сложность методологии;</li> <li>- высокие начальные затраты;</li> <li>- сложность реализации ИС</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- независимость процессов и данных друг от друга;</li> <li>- неясность условий выполнения функций</li> </ul>
Методика	
Позволяют дать общее описание ИС как системы с детализацией «сценария использования».	Позволяет описать ИС как совокупность определенных функций и методов их реализации. На уровне общего описания ИС допускается неопределенность в определении границ ИС
Размерность модели ИС	
Создание небольших моделей	Создание моделей с огромным количеством уровней декомпозиции

Таблица Б.1 – Сравнительный анализ современных популярных пользуются следующие CASE-средств проектирования

Критерии	CASE-средств									
	Business Studio	CompanyMedia	Rational Rose	ERwin	Case Studio	Directum	DIS-системы	BPwin	LanDocs	Optima-Workflow
Анализ основных возможностей программных продуктов										
Возможность сохранения данных	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Работа со словарями и справочниками	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Поиск:										
- по реквизитам;	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-
- по виду РК документу;	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
- полнотекстовый;	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+
- с учетом морфологии.	-	-	-	+	-	+	-	-	+	+
Маршрутизация	+	-	+	+	+	+	-	+	+	+
Генерация отчетов	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Возможность назначения участников проекта	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Анализ доступного инструментария для настройки средств проектирования										
Конструктор форм карточек документов	+	-	+	+	+	+	-	+	+	+

Конструктор маршрутов	+	-	+	+	+	+	-	+	+	+
Конструктор процессов	+	-	+	+	+	+	-	+	+	+
Редактор отчетов	+	+	-	+	+	+	-/+	+	+	+
Средство создания и изменения словарей и справочников	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+
Анализ по фактору внедрения средств проектирования для разработки программных решение										
Количество внедрений на предприятиях	>100	>100	>5001	>1000	>5002	>100	>100	>100	>100	>100
Внедрение собственными силами потребителей	-	-	+	+	-	+	+	+	-	-
Соотношение внедрений в составе проекта (П) и самостоятельно пользователями (С)	П	П	П<С	П<С	П	П>С	П>С	П>С	П	П

Таблица В.1 – Числовые оценки, соответствующие различным степеням осведомленности эксперта [33]

Фактор	Числовое значение													
	<3	3	4	5	6	7	8	9	10	10...15	15..20	20...25	>25	
<b>Ф.6</b> Стаж работы в исследованной области (лет)	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,8	0,9	0,95	1	
<b>Ф.7</b> Наличие ученой степени и ученого звания в исследованной области	Д.т.н., проф.		Д.т.н., доцент		Д.т.н., СИС		К.т.н., проф.	К.т.н., доцент	К.т.н., СИС	К.т.н.	Доцент	СИС	нет	
	1		0,95		0,9		0,85	0,8	0,75	0,6	0,5	0,4	0	
<b>Ф.8</b> Наличие научных работ в исследованной области знаний	Миография	Патент, авторское свидетельство			Статьи		Алгоритмы, программное обеспечение			Рационализатор. предложения		нет		
	1	0,8			0,6		0,4			0,2		0		
<b>Ф.9</b> Научно-организационная работа эксперта	Руководитель комплекса работ		Руководитель одной работы			Участник выполнения нескольких работ			Участник одной работы			Нет		
	1		0,8			0,6			0,4			0		
<b>Ф.10</b> Участие в конференциях и семинарах по исследованной области	Международные конференции и симпозиумы		Всероссийские конференции и симпозиумы			Отраслевые конференции и симпозиумы		Конференции организаций и предприятий		Семинары в организации, где работает эксперт			Нет	
	1		0,8			0,6		0,4		0,2			0	

## Приложение Г

Таблица Г.1 – Анализ нормативно-методической базы по организации лечебного питания в медицинских организациях Российской Федерации

Нормативно-правовой акт	Основные положения в сфере организации лечебного питания
Нормативно-правовые документы, регламентирующие организацию лечебного питания в медицинских организациях Российской Федерации	
Приказ Минздрава РФ № 8 «Об утверждении Стратегии формирования здорового образа жизни населения, профилактики и контроля неинфекционных заболеваний на период до 2025 года» от 15.01.2020	Определяет цели, задачи и принципы государственной политики Российской Федерации в области общественного здоровья, направленные на обеспечение национальных интересов и реализацию стратегических национальных приоритетов в сфере формирования здорового образа жизни и профилактики неинфекционных заболеваний у населения Российской Федерации на долгосрочную перспективу.
Федерального закона № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» от 21.11.2011	Определяет основные положения организации лечебного питания как на федеральном уровне, так и на уровне субъекта РФ.
Распоряжение Правительства РФ № 1873-р от 25.10.2010	Одобрены «Основы государственной политики в области здорового питания на период до 2020 года».
Политическая декларация совещания высокого уровня Генеральной Ассамблеи ООН по профилактике неинфекционных заболеваний и борьбе с ними (28-29 апреля 2011, Москва)	Обобщает опыт стран, в которых наблюдается стойкое снижение смертности от неинфекционных заболеваний.
Указов Президента РФ № 598 «О совершенствовании государственной политики в сфере здравоохранения» от 07.05.2012	Утверждает «План мероприятий по реализации Основ государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года».
Федерального закона РФ № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30.03.1999	Направлен на обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия населения.
Приказ Минздрава СССР № 530 «Об утверждении инструкции по учету продуктов питания в лечебно-профилактических и других учреждениях здравоохранения, состоящих на государственном бюджете СССР» от 5.05.1983 (с изменениями от 17.05.1984, 30.12.1987).	Единая система учета продуктов питания в медицинском учреждении.
Приказ Минздрава РФ № 474н «Об утверждении порядка оказания медицинской помощи населению по профилю «Диетология»» от 24.06.2010	Определяет принципы, порядок и систему организации лечебного питания на территории РФ.

<p>Приказом Минздравсоцразвития РФ № 323 «Об утверждении Порядка организации работ (услуг), выполняемых при осуществлении доврачебной, амбулаторно-поликлинической (в том числе первичной медико-санитарной помощи, медицинской помощи женщинам в период беременности, во время и после родов, специализированной медицинской помощи), стационарной (в том числе первичной медико-санитарной помощи, медицинской помощи женщинам в период беременности, во время и после родов, специализированной медицинской помощи), скорой и скорой специализированной (санитарноавиационной), высокотехнологичной, санаторнокурортной медицинской помощи» от 10.05.2007</p>	<p>В перечень работ (услуг), выполняемых при осуществлении амбулаторно-поликлинической (первичной медико-санитарной и специализированной) помощи, работы по диетологии до настоящего времени не предусмотрены.</p>
<p>Постановлением Правительства РФ № 291 «О лицензировании медицинской деятельности (за исключением указанной деятельности, осуществляемой медицинскими организациями и другими организациями, входящими в частную систему здравоохранения, на территории инновационного центра «Сколково»)» от 16.04.2012</p>	<p>В соответствии с перечнем работ (услуг), составляющих медицинскую деятельность к медицинским услугам отнесены услуги по диетологии.</p>
<p>Приказ Минздрава России № 316 «О внесении изменений в Приказ Минздрава России «О мерах по совершенствованию лечебного питания в лечебно-профилактических учреждениях Российской Федерации» от 26.04.2006</p>	<p>Определяет нормы организации лечебного питания:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- порядок выписки питания для больных в ЛПУ;</li> <li>- порядок контроля качества готовой пищи в ЛПУ;</li> <li>- рекомендации по оборудованию пищеблока и буфетных;</li> <li>- транспортировка готовой пищи;</li> <li>- санитарно-гигиенический режим пищеблока и буфетных;</li> <li>- перечень документации пищеблока для выписки питания и контроля качества готовой пищи в ЛПУ.</li> </ul>
<p>Приказ Минздрава России № 920 «Порядка оказания медицинской помощи населению по профилю «диетология»» от 15.11.2012</p>	<p>Устанавливает правила оказания медицинской помощи населению по профилю «диетология» в медицинских организациях.</p>
<p>«Кодекс профессиональной этики нутрициолога Российской Федерации» принят Общественным объединением «Нутрициологи России» от 20.02.2020</p>	<p>Устанавливает нормы взаимодействия зарегистрированных членов Объединения с обществом, внутренней регуляции деятельности Объединения, основой для применения санкций при нарушении этических и иных принципов профессиональной деятельности.</p>
<p>Нормативно-правовые документы, регламентирующие нормы пищевых веществах и энергии</p>	
<p>Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 53861-2010 «Продукты диетического (лечебного и</p>	<p>Определяет основные требования для специализированных продуктов,</p>

профилактического) питания. Смеси белковые композитные сухие. Общие технические условия», утвержденный Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 219-ст от 7.09.2010	предназначенных для диетического (лечебного и профилактического) питания взрослых и детей старше трех лет в качестве белкового компонента для приготовления готовых блюд.
«Нормы физиологических потребностей организма в пищевых веществах и энергии для различных групп населения Российской Федерации» (МР 2.3.1.24.32-08)	Они различаются по количественному и качественному составу основных пищевых веществ, микронутриентов, энергетической ценности, технологии приготовления диетических блюд, среднесуточному набору пищевых продуктов. Стандартные диеты назначаются при различных заболеваниях в зависимости от их стадии и степени тяжести или наличия осложнений со стороны органов и систем.
«Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ» (МР 2.3.1.1915-04), утвержденные Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 02.06.2004	Разработаны с целью обеспечения единого, научно-обоснованного подхода к определению количественного содержания в специализированных продуктах, продуктах диетического (лечебного и профилактического) питания и биологически активных добавках к пище пищевых и биологически активных компонентов, совершенствования нормативной базы, регулирующей оборот продукции, выработанной с использованием дефицитных в питании пищевых веществ и минорных биологически активных соединений.
Национального стандарта Российской Федерации ГОСТ Р 538612010 «Продукты диетического (лечебного и профилактического) питания» от 01.07.2011	Настоящий стандарт распространяется на пищевые концентраты - белковые композитные сухие смеси (далее - продукты), представляющие собой порошкообразные смеси с содержанием белка от 40% до 75%, состоящие из белков молока (казеина и/или белков сыворотки молока) или изолята соевого белка, или смеси белков молока (казеина и/или белков сыворотки молока) и изолята соевого белка с добавлением или без добавления одного, нескольких или всех из нижеследующих ингредиентов: мальтодекстрина, лецитина, концентрата полиненасыщенных жирных кислот, среднецепочечных триглицеридов, пищевых волокон, витаминов, минеральных веществ, ароматизаторов, пробиотиков и пребиотиков.
Приказ Департамента здравоохранения г. Москвы № 1851 от 23.12.2011	Приводится оптимизированный среднесуточный набор продуктов питания на одного больного для 6 стандартных диет (ОВД, ЩД, ВБД, ВБД (т), НБД, НКД).

	<p>Оптимизация стандартных диет достигается за счет как уточнения оптимальных размеров суточного потребления пищевых продуктов, так и использования смесей белковых композитных сухих, предназначенных для диетического (лечебного и профилактического) питания взрослых и детей старше 3 лет в качестве компонента для приготовления готовых блюд.</p>
<p>Приказ Минздрава СССР № 333 «Об улучшении организации лечебного питания в родильных домах (отделениях) и детских больницах (отделениях)» от 10.03.1986. Текст приказа официально опубликован не был. Уточненные нормы питания больных согласованы с Минфином СССР (письмо Минфина СССР от 12.09.85 № 23-2-10/11).</p>	<p>Регламентируется норма питания для больных в родильных домах (отделениях) и детских больницах (отделениях) на одного больного в день в граммах.</p>
<p>Приказ Минздрава России № 330 «О мерах по совершенствованию лечебного питания в лечебно-профилактических учреждениях Российской Федерации» от 5.08.2003</p>	<p>Установлен:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- среднесуточный набор продуктов на одного больного в лечебно-профилактических учреждениях;</li> <li>- среднесуточные наборы продуктов для детей, находящихся на лечении в санаторно-курортных учреждениях различного профиля (кроме туберкулезных);</li> <li>- среднесуточный набор продуктов для взрослых, находящихся на санаторном лечении;</li> <li>- среднесуточные наборы продуктов для детей, пострадавших от радиационного воздействия, находящихся на лечении в санаторно-курортных учреждениях различного профиля (кроме туберкулезных).</li> </ul>
<p>Приказ Минздравмедпрома РФ № 122 «О мерах по улучшению деятельности госпиталей для ветеранов войн» от 6.05.1995. Текст приказа официально опубликован не был.</p>	<p>Установлен среднесуточный набор продуктов питания для пациентов, находящихся на лечении в госпиталях (отделениях многопрофильных больниц) для ветеранов войн.</p>
<p>Приказ Минздрава России № 316 «О внесении изменений в Приказ Минздрава России «О мерах по совершенствованию лечебного питания в лечебно-профилактических учреждениях Российской Федерации» от 26.04.2006</p>	<p>Определяет следующие нормы организации лечебного питания:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- характеристика, химический состав и энергетическая ценность стандартных диет, применяемых в ЛПУ (в больницах и др.);</li> <li>- соотношение натуральных и специализированных пищевых продуктов в суточном рационе больного;</li> <li>- взаимозаменяемость пищевых продуктов при приготовлении диетических блюд;</li> <li>- замена продуктов по белкам и углеводам.</li> </ul>
<p>Постановление главного государственного санитарного врача РФ № 91 «О мерах по профилактике заболеваний, обусловленных</p>	<p>Рекомендации по принятию незамедлительных мер для улучшения</p>



дефицитом железа в структуре питания населения» от 5.05.2003	состояния обеспеченности населения России железом.
Постановление главного государственного санитарного врача РФ № 9 «О дополнительных мерах по профилактике заболеваний, обусловленных дефицитом микронутриентов» от 5.03.2004	Предусматривается обогащение хлеба и хлебобулочных изделий и других продуктов массового потребления микронутриентами, выпуск продукции специализированного, функционального и диетического назначения.
Нормативно-правовые документы, регламентирующие качество пищевых продуктов и безопасность их применения	
Федеральный закон РФ № 184ФЗ «О техническом регулировании» от 27.12.2002	Регламентирует принципы стандартизации в РФ, правила применения технических регламентов и национальных стандартов РФ (ГОСТ Р 1.0-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»).
Федеральный закон № 29-ФЗ «О качестве и безопасности пищевой продукции» от 02.01.2000 (ред. от 30.12.2006)	О качестве и безопасности пищевых продуктов.
Постановление Правительства РФ № 988 «О государственной регистрации новых пищевых продуктов, материалов и изделий» от 21.12.2000 (ред. от 26.02.2007)	О государственной регистрации новых пищевых продуктов, материалов и изделий.
Постановление Госкомстата РФ № 301 «О принятии Общероссийского классификатора продукции ОК 005-93» от 30.12.1993	Общероссийский классификатор продукции ОК 005-93
Приказ Минэкономразвития РФ № 95 «Об утверждении методических рекомендаций по разработке норм естественной убыли» от 31.03.2003	Об утверждении методических рекомендаций по разработке норм естественной убыли
Закон РФ № 2300-1 «О защите прав потребителей от 07.02.1992	Регулирует отношения, возникающие между потребителями и изготовителями, исполнителями, импортерами, продавцами, владельцами агрегаторов информации о товарах (услугах) при продаже товаров (выполнении работ, оказании услуг), устанавливает права потребителей на приобретение товаров (работ, услуг) надлежащего качества и безопасных для жизни, здоровья, имущества потребителей и окружающей среды, получение информации о товарах (работах, услугах) и об их изготовителях (исполнителях, продавцах), о владельцах агрегаторов информации о товарах (услугах), просвещение, государственную и общественную защиту их интересов, а также определяет механизм реализации этих прав.
Указ Президента РФ № 120 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности РФ» от 30.01.2010	Представляет собой совокупность официальных взглядов на цели, задачи и основные направления государственной экономической политики в области

	обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации.
Федерального закона РФ № 29-ФЗ «О качестве и безопасности пищевых продуктов» от 02.01.2000	Регулирует отношения в области организации питания, обеспечения качества пищевых продуктов и их безопасности для здоровья человека и будущих поколений.
Решением Комиссии таможенного союза года № 299 «Единых санитарно-эпидемиологических требований к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю)» от 28.05.2010	Устанавливают гигиенические показатели и нормы безопасности подконтрольной продукции (товаров), включенной в Единый перечень продукции (товаров), подлежащей государственному санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) на таможенной границе и таможенной территории Евразийского экономического союза.
Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.3.2.1324-03 «Гигиенические требования к срокам годности и условиям хранения пищевых продуктов»	Устанавливают гигиенические требования к срокам годности и условиям хранения пищевых продуктов в целях обеспечения безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов в процессе производства, хранения, транспортировки и оборота, а также при их разработке и постановке на производство. Санитарные правила не распространяются на бутилированные и минеральные воды, бактериальные закваски, стартовые культуры, биологически активные добавки к пище.
<b>Нормативно-правовые документы, регламентирующие режимы питания</b>	
Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.3.2.1940-05 «Организация детского питания», утвержденные главным государственным санитарным врачом 17.01.2005 (с изм. от 27.06.2008).	Требования направлены на снижение риска здоровью детей, обусловленного пищевым фактором, и повышение роли здоровьесберегающей функции питания. Как организуется питание детей в образовательных учреждениях с учетом новых требований, рассмотрим далее.
Приказ Минздрава России № 330 «Инструкция по организации энтерального питания в лечебно-профилактических учреждениях» от 05.08.2003	Определяет следующие требования: - показания к применению энтерального питания; - противопоказания к применению энтерального питания; - оценка нарушений питания; - карта наблюдения больного, получающего энтеральное питание (вкладыш в медицинскую карту стационарного больного, учетная форма № 003/У); - методика определения энергетических потребностей организма; - выбор состава смесей для энтерального питания;

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- потребности в основных нутриентах (белках, жирах, углеводах) в зависимости от степени нарушения питания;</li> <li>- потребность в белке при некоторых заболеваниях;</li> <li>- способы введения энтеральных питательных смесей.</li> </ul>
Приказ Минздрава России № 330 «О мерах по совершенствованию лечебного питания в лечебно-профилактических учреждениях Российской Федерации» от 05.08.2003	Введена новая номенклатура диет (система стандартных диет), которая строится по принципу адаптации химического состава и энергетической ценности диеты к индивидуальным клинико-патогенетическим особенностям болезни и объединяет ранее применяемые диеты номерной системы (диеты № 1-15).
Приказ Минздрава России № 316 «О внесении изменений в Приказ Минздрава России «О мерах по совершенствованию лечебного питания в лечебно-профилактических учреждениях Российской Федерации» от 26.04.2006	Был введен второй вариант высокобелковой диеты для больных туберкулезом - ВБД (т).
Методические рекомендации «Картотека блюд диетического (лечебного и профилактического) питания оптимизированного состава для детей»	Регламентирует алгоритм организации диетического (лечебного и профилактического) питания в медицинских организациях города.
Приказ Минздравсоцразвития России № 1 «Об утверждении перечня изделий медицинского назначения и специализированных продуктов лечебного питания ...» от 09.01.2007	Утвержден Перечень специализированных продуктов лечебного питания для детей-инвалидов.

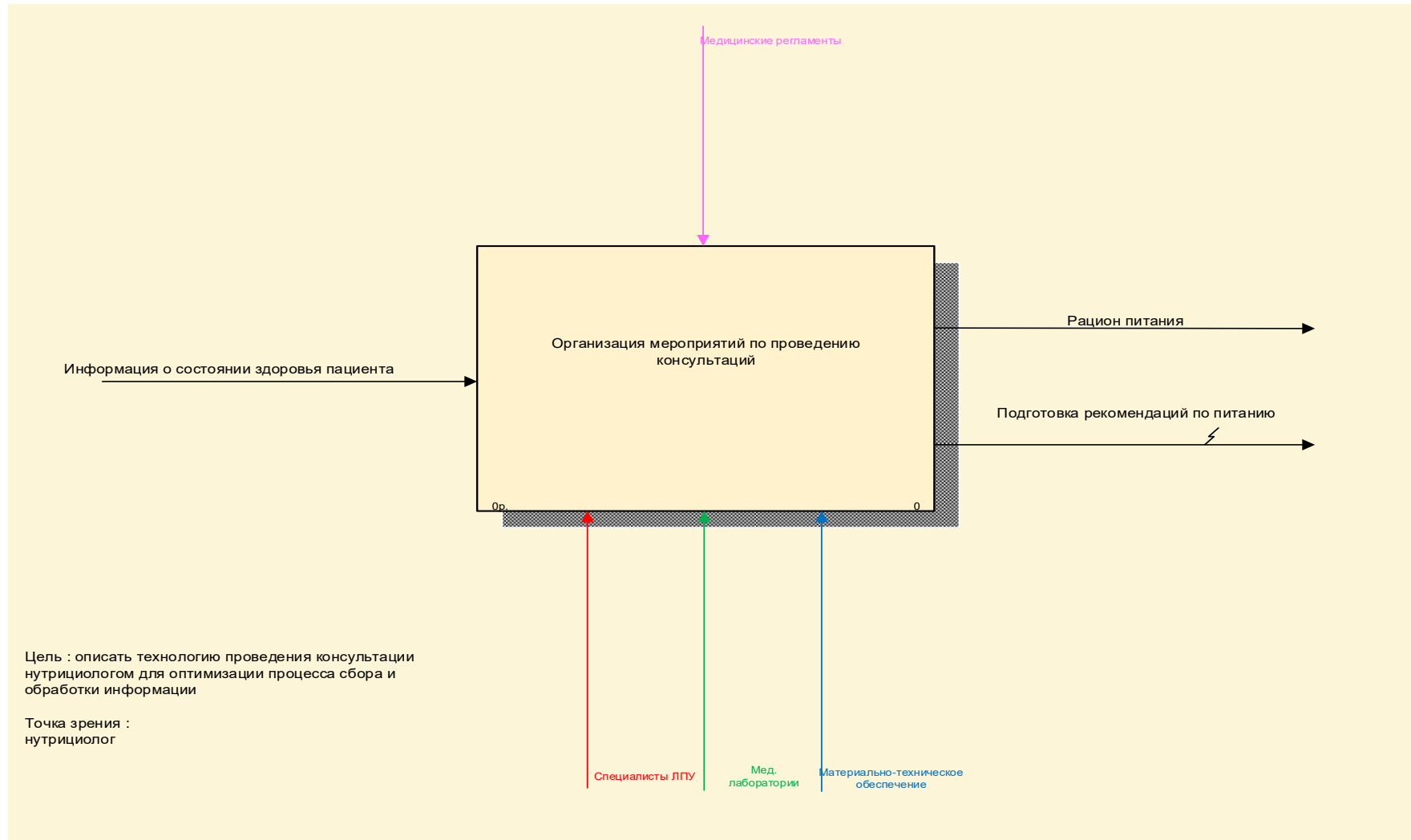


Рисунок Д.1 – (А-0). Организация мероприятий по проведению консультации и разработки рекомендаций по рациону питания нутрициологом (IDEF0)

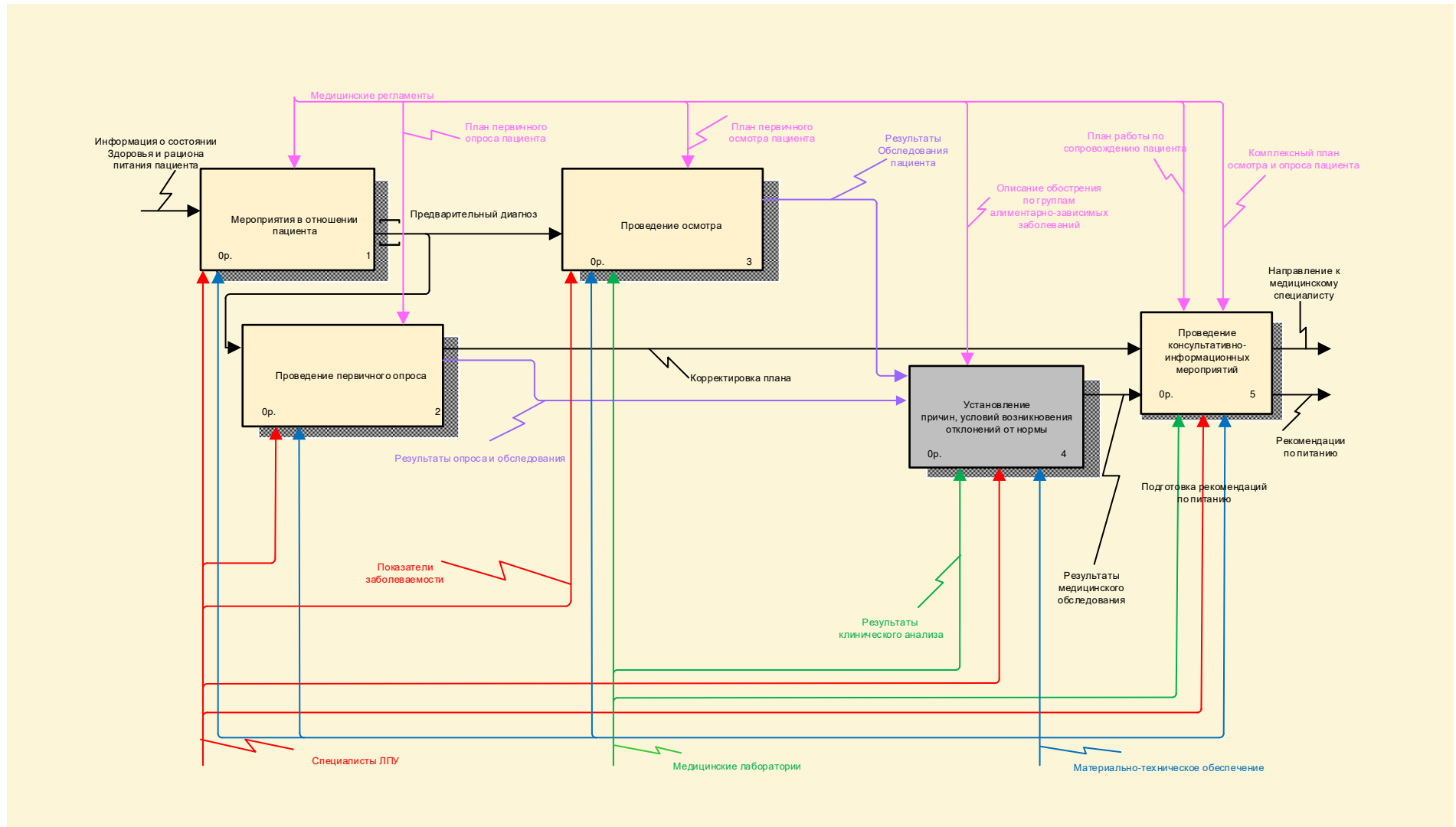


Рисунок Д.2 – (А-0). Организация мероприятий по проведению консультации и разработки рекомендаций по рациону питания нутрициологом (IDEF0).

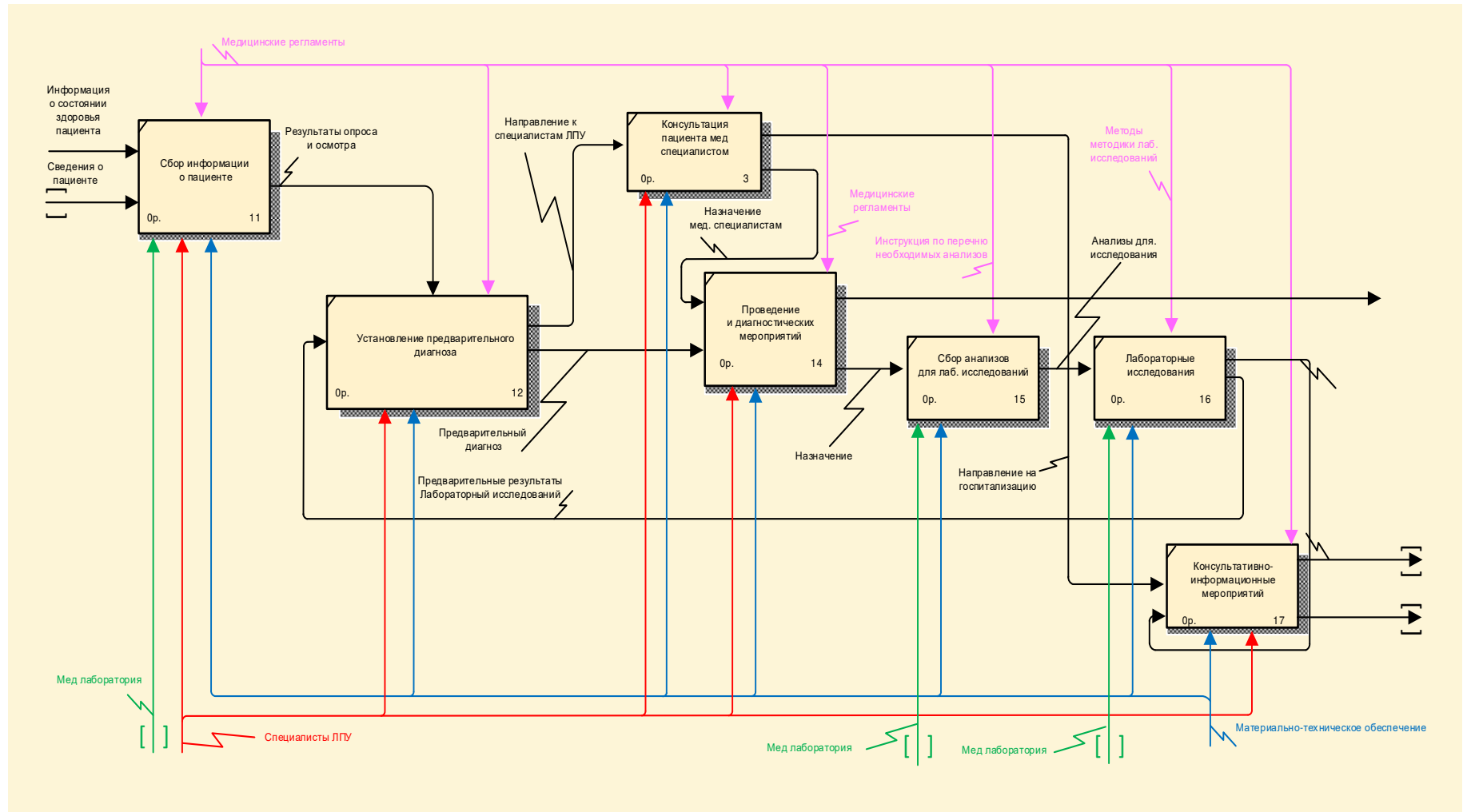


Рисунок Д.3 – (А 1). Мероприятия в отношении пациента. (IDEF0).

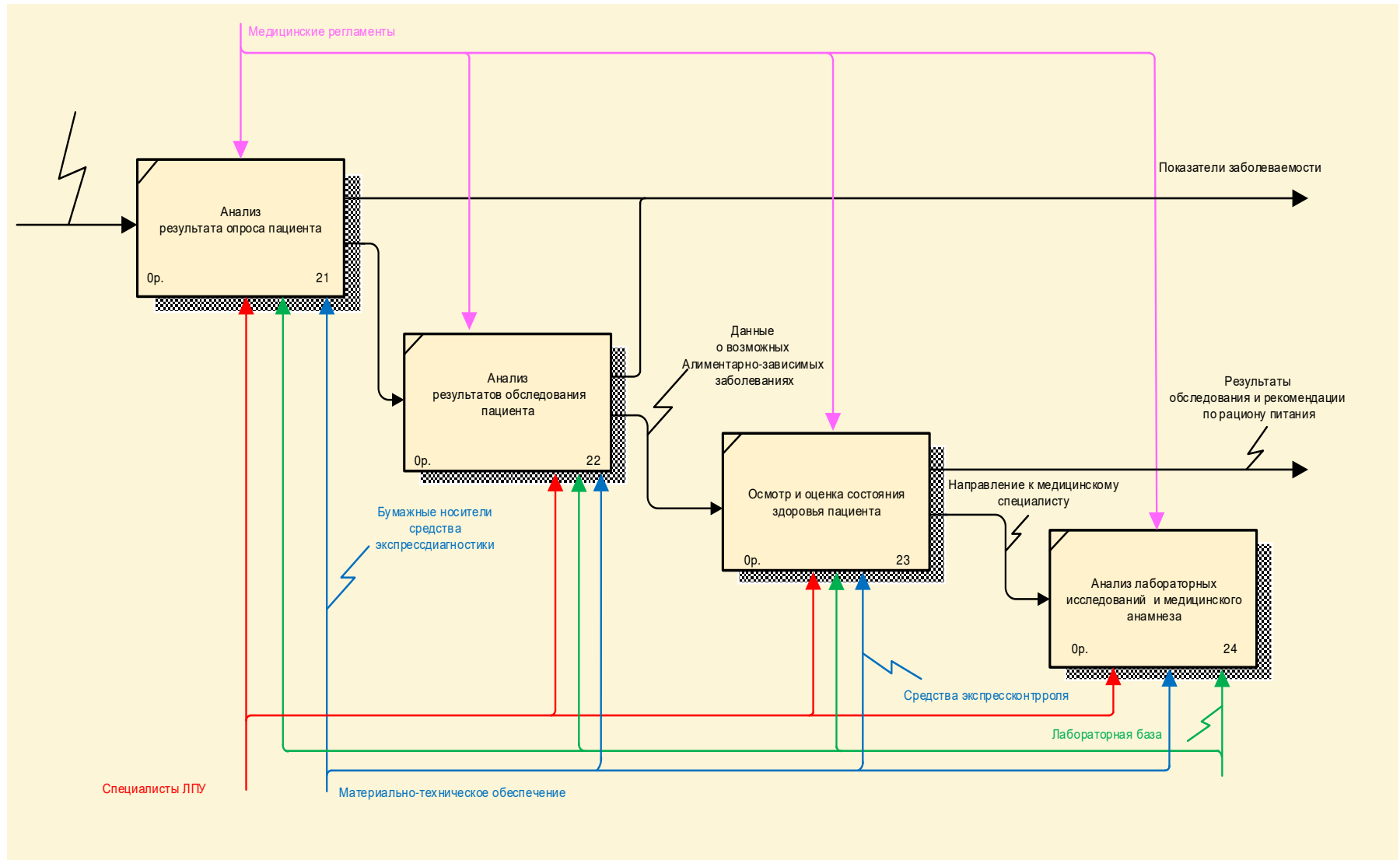


Рисунок Д.4 – (А 2). Проведение опроса и обследования нутрициологом (IDEF0).

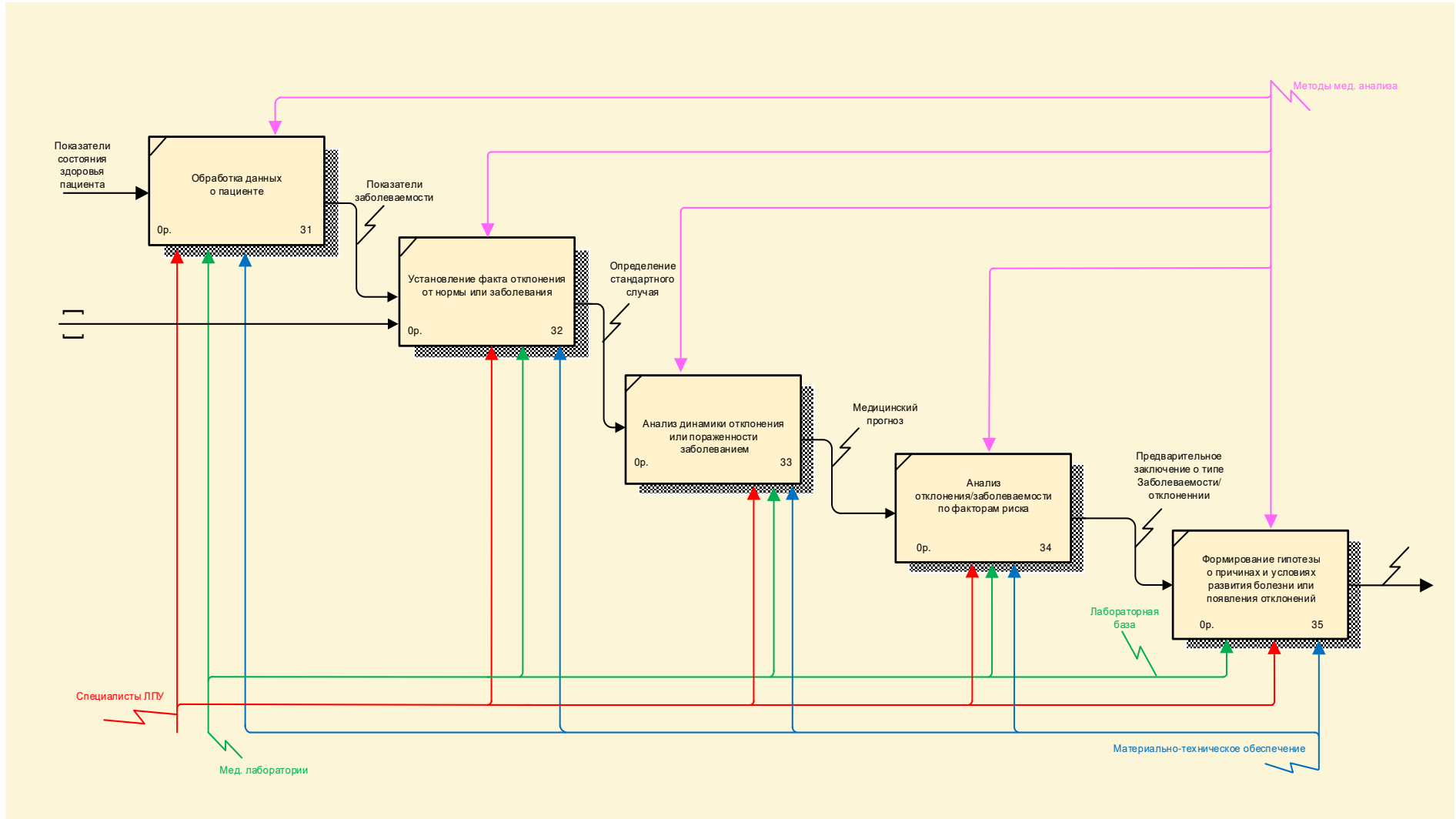


Рисунок Д.5 – (А 3). Проведение консультации пациентов с алиментарно-зависимыми заболеваниями (IDEF0)



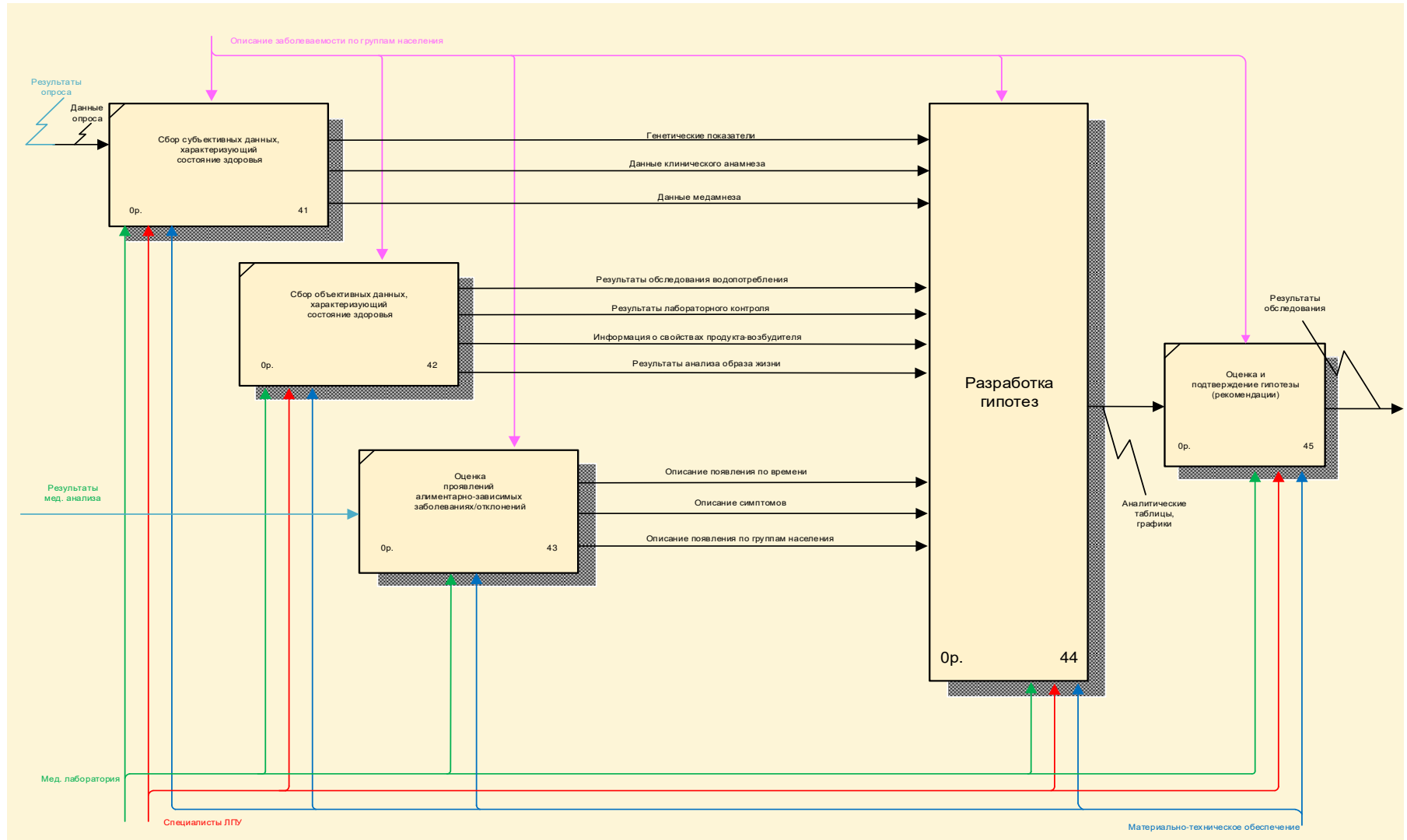


Рисунок Д.6 – (А 4). Установление причин, условий возникновения отклонений показателей здоровья от нормы (IDEF0).

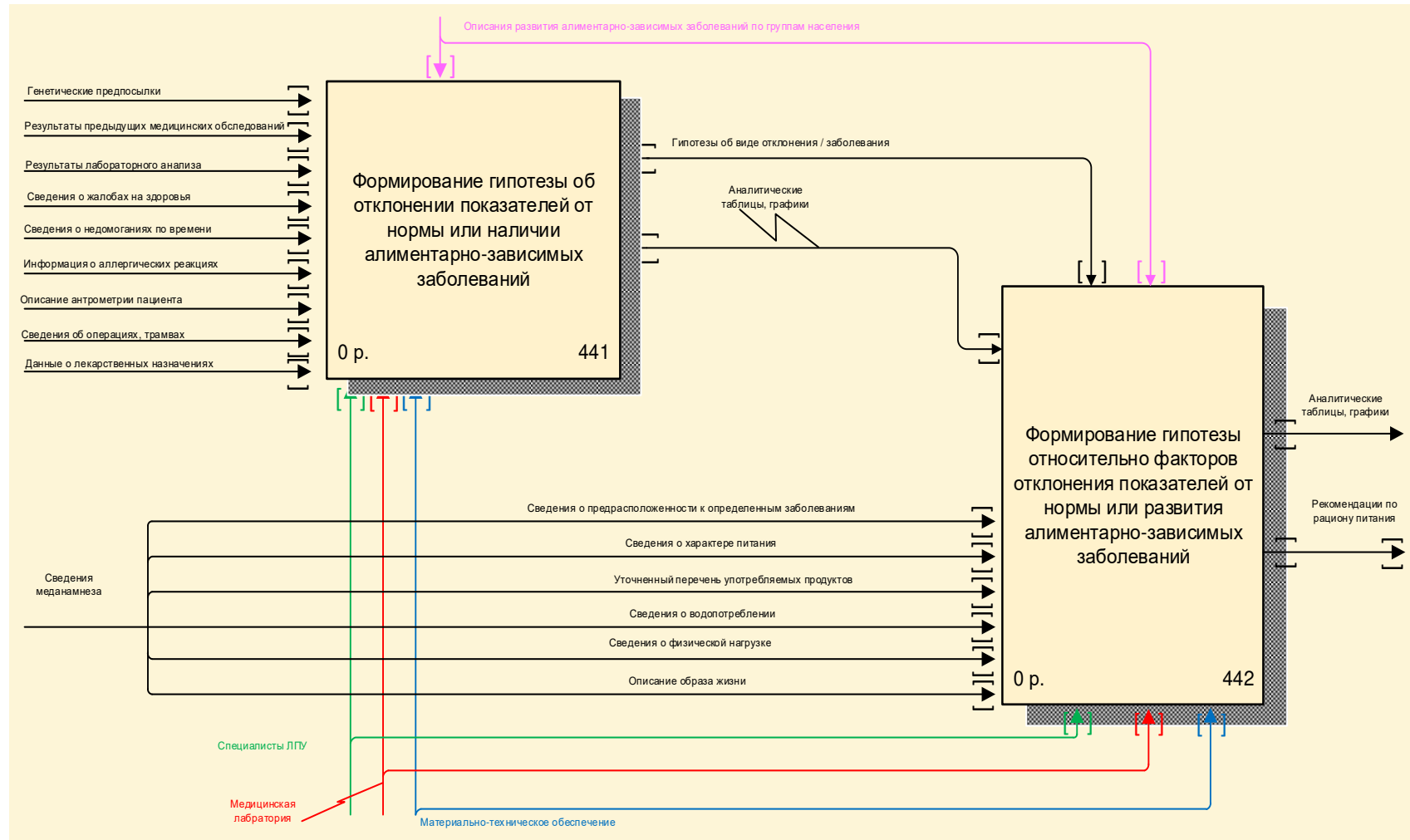


Рисунок Д.7 – (А 44). Разработка гипотез об отклонении от нормы показателей или заболеваемости пациента (IDEF0).

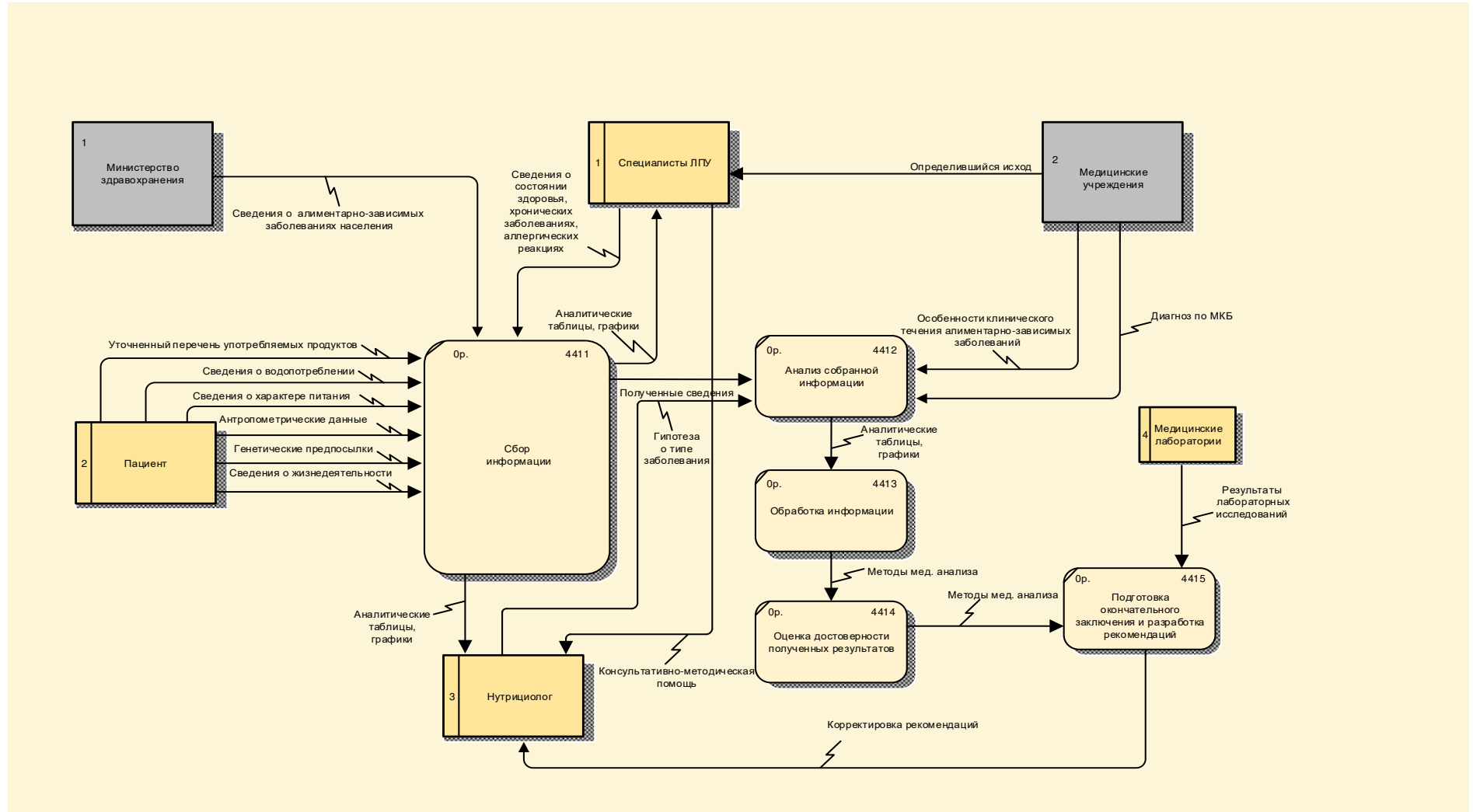


Рисунок Д.8 – (А 441). Формирование гипотезы относительно путей и факторов возникновения отклонений от нормы или заболеваемости пациента (DFD).

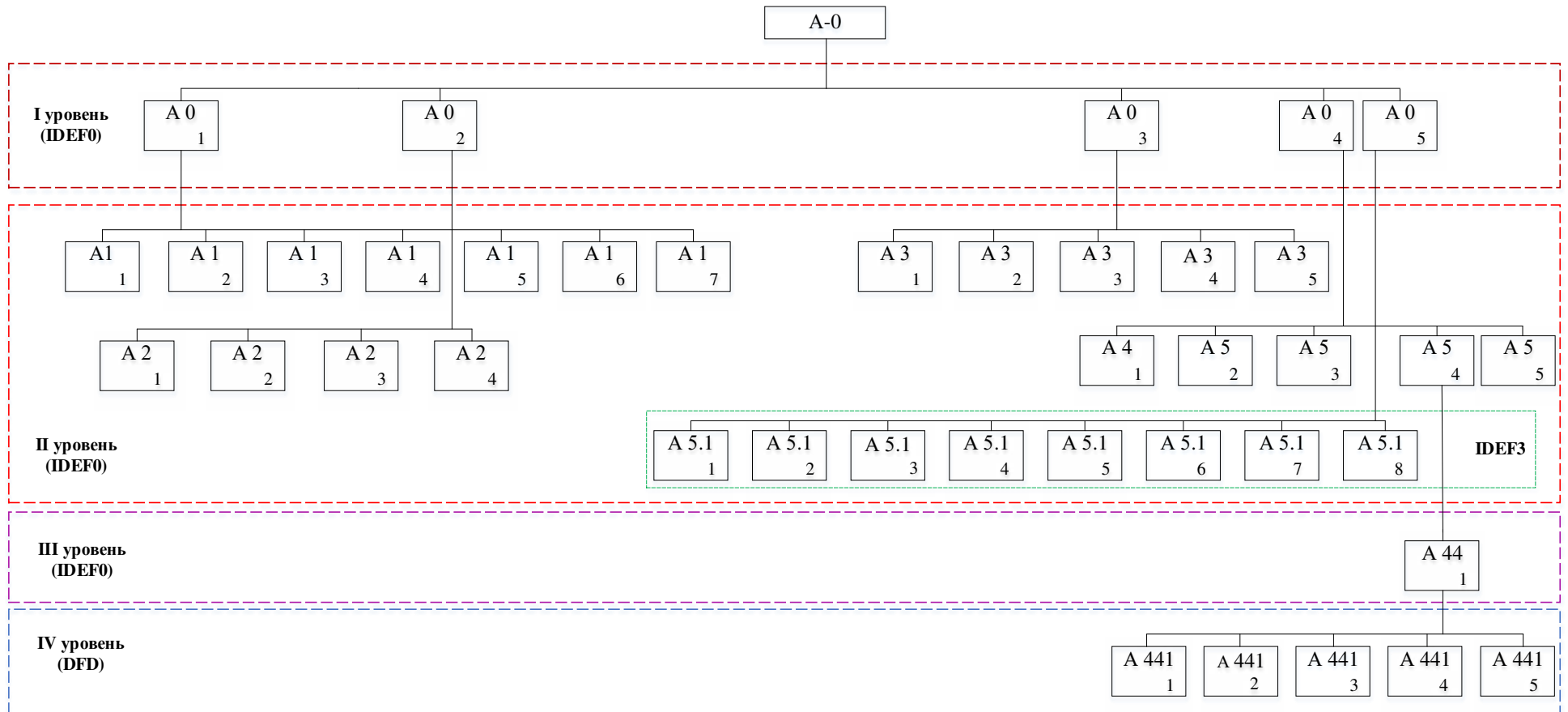


Рисунок Е.1 – Иерархическая структура функциональной модели проведения консультации и разработки рекомендаций по рациону питания нутрициологом

## Приложение Ж

Таблица Ж.1 – Перечень условных обозначений к иерархической структуре функциональной модели проведения консультации и разработка рекомендаций по рациону питания нутрициологом.

Уровни диаграмм	Нотация	Условное обозначение	№ функции	Название функции
Верхний уровень (контекст)	IDEF0	A-0		Организация мероприятий по проведению консультации и разработка рекомендаций по рациону питания нутрициологом
I уровень	IDEF0	A0	1	Мероприятия в отношении пациента
			2	Проведение первичного опроса пациента
			3	Проведение осмотра пациента
			4	Установление причин, условий возникновения отклонений от нормы показателей состояния здоровья пациента
			5	Проведение консультативно-информационных мероприятий
II уровень		A1	1	Сбор информации о пациенте
			2	Установление предварительного диагноза
			3	Направление к медицинским специалистам
			4	Проведение лечебных и диагностических мероприятий
			5	Отбор анализов для лабораторных исследований
	6		Лабораторные исследования	
	7		Госпитализация пациента	
	A2	1	Анализ результатов опроса пациента	
		2	Анализ результатов обследования пациента	
		3	Осмотр и оценка состояния здоровья пациента	
		4	Анализ медицинского анамнеза и лабораторных исследований	
	A3	1	Обработка данных о пациенте	
		2	Установление факта заболеваемости пациента	
		3	Анализ динамики и степени заболеваемости пациента	
		4	Анализ заболеваемости по факторам риска	
5		Формирование гипотезы о причинах и условиях развития болезни		

		A4	1	Сбор субъективных данных, характеризующих состояние здоровья пациента
			2	Сбор объективных данных, характеризующих состояние здоровья пациента
			3	Оценка проявлений и развития АЗЗ
			4	Разработка гипотез (рекомендаций)
			5	Оценка и подтверждение гипотез (рекомендаций)
III уровень		A44	1	Формирование гипотезы об отклонении показателей от нормы
			2	Формирование гипотезы относительно путей и факторов отклонения от нормы
IV уровень	DFD	A441	1	Сбор информации
			2	Анализ собранной информации
			3	Обработка информации
			4	Оценка достоверности полученных результатов
			5	Подготовка рекомендаций по рациону питания
II уровень	IDEF3	A5	1	Провести информационную беседу о важности правильного питания
			2	Сбор МД (аллергических реакций, хронических заболеваний)
			3	Провести специальную профилактику развития АЗЗ
			4	Контроль рациона питания по методу 24-часового опроса
			5	Провести ограничительные мероприятия (контроль потребления отдельных продуктов)
			6	Контрольное оценивание результата

## Приложение И

Таблица И.1 – Витрины данных для построения информационно-логической модели сбора и обработки информации при проведении консультации и разработки рекомендаций нутрициологом

<b>1. Общие сведения</b>		
<i>1.1 Персональные данные</i>	<i>1.2 Исходные данные</i>	<i>1.3 Источники информации</i>
Фамилия Имя Отчество Дата рождения Место работы Должность	Дата заболевания Дата обращения за мед. помощью Дата госпитализации Генетические предпосылки Аллергические реакции	Медицинская карта пациента Субъективные данные пациента Объективные данные клинических исследований
<b>2. Сведения о заболевании пациента</b>		
<i>2.1 Диагноз</i>	<i>2.2 Сведения о лечении</i>	<i>2.3 Определившийся исход</i>
Диагноз врача Лабораторное подтверждение (метод)	2.2.1 Лекарственные назначения 2.2.2 Предписания «лечебной» диеты	Полное выздоровление Профилактика
<b>3. Сведения о результатах обследования способа жизни пациента</b>		
<i>3.1 Сведения о водопотреблении</i>	<i>3.2 Сведения о размещении</i>	<i>3.3. Сведения о характере питания</i>
Количество потребляемой жидкости Источники водоснабжения Виды потребляемой жидкости Частота потребления жидкости	Условия проживания Температурный режим	3.3.1 Тип питания (заведения общепита, домашнее питание) 3.3.2 Перечень потребляемых продуктов 3.3.3 Разнообразие потребляемых продуктов питания (хорошее, удовл., неудовл.) 3.3.4 Режим и привычки питания 3.3.5 Проявление пищевой непереносимости
<b>4. Данные клинического осмотра</b>		
<i>4.1 Общее состояние</i>	<i>4.2 Кожа и слизистые</i>	<i>4.3 Органы дыхания</i>
Антропометрия пациента Состояние сознания Температура тела Двигательная активность Выражение лица: спокойное, безразличное, маскообразное, тоскливое, страдальческое, возбужденное, утомленное и т. д.	4.2.1 Цвет (бледно-розовый, красный, синюшный, желтушный, бледный, землистый, смуглый). 4.2.2 Пигментация и депигментация (лейкодерма), их локализация. 4.2.3 Высыпания: форма сыпи, локализация высыпаний, единичные или множественные (сливные) высыпания.	Отдышка Удушье Хрипы Притупление легочного звука Тахипноэ, апноэ

	<p>4.2.4 Сосудистые изменения: телеангиоэктазии, «сосудистые звездочки», их локализация и количество.</p> <p>4.2.5 Кровоизлияния: локализация, размер, количество, выраженность. Рубцы: локализация, цвет, размеры, подвижность, болезненность.</p> <p>4.2.6 Влажность кожи, тургор кожи.</p> <p>4.2.7 Тип оволосения.</p> <p>4.2.8 Ногти: форма («часовые стекла», койлонихии и др.), цвет (розовый, синюшный, бледный), поперечная или продольная исчерченность, ломкость ногтей.</p>	
<i>4.4 Органы пищеварения</i>	<i>4.5 Сердечно-сосудистая система</i>	<i>4.6 Нервная система</i>
<p>Рвота (частота)</p> <p>Диарея (частота)</p> <p>Дегидратация</p> <p>Увеличение печени</p> <p>Увеличение селезенки</p>	<p>Тахикардия</p> <p>Брадикардия</p> <p>Гипертония</p> <p>Гипотония</p> <p>Глухость сердечных тонов</p> <p>Нарушение сердечного ритма</p>	<p>Вестибулярные нарушения</p> <p>Менингеальные симптомы</p> <p>Судороги</p> <p>Нарушение речи</p>
<b>5. Данные клинического обследования</b>		
<i>5.1 Сведения о заболеваемости среди населения</i>	<i>5.2 Клинические анализы</i>	<i>5.3 Результаты УЗИ</i>
<p>Наличие заболевших</p> <p>По группам населения</p> <p>- дети до 14 лет</p> <p>- от 14 до 55 лет</p> <p>- от 55 лет и старше</p> <p>Наиболее пораженные районы</p>	<p>Общий анализ крови с лейкоцитарной формулой СОЭ</p> <p>Биохимический анализ крови: АЛТ, АСТ, С-реактивный белок</p> <p>Щитовидная железа: Т4 свободный, ТТГ</p> <p>Ферритин</p> <p>Витамин D3 (25-ОН)</p> <p>Магний</p> <p>Общий анализ мочи</p> <p>Витамины группы В</p> <p>Церулоплазин</p> <p>Общий холестерин</p> <p>Фосфор</p> <p>Кальций</p> <p>Калий крови</p> <p>Натрий крови</p> <p>Железо крови</p> <p>Если есть хронические или диагностированные заболевания - сдает анализы по ним.</p>	<p>5.3.1 УЗИ внутренних органов (брюшной полости) и почек (исследованию должно быть не более 3х месяцев);</p> <p>5.3.2 УЗИ щитовидной железы (исследованию должно быть не более 6 месяцев)</p> <p>5.3.3.1 женщинам УЗИ малого таза и молочных желез (исследованию должно быть не более 6 месяцев);</p> <p>5.3.3.2 мужчинам УЗИ простаты (исследованию должно быть не более 6 месяцев)</p>



## Приложение К

Пример расчета суточных энерготрат таблично-хронометражным методом.

Исходные данные: мужчина 41 лет, нормальная масса тела 80 кг.  
 Специальность – работник жилищно-эксплуатационной службы.

Расчеты:

- 1) ВОО: 1700 ккал/сут, а в час –  $1700:24=71$  ккал.
- 2) КФА: 1,6.
- 3) Виды другой деятельности.

Таблица К.1 – Пример расчета суточных энерготрат работника жилищно-эксплуатационной службы таблично-хронометражным методом

Вид деятельности	КФАхВОО ккал/ч	Хронометраж суток, ч	Расход энергии, ккал
Сон и отдых в постели	1,0x71	8	568
Туалет	1,8x71	0,5	64
Профессиональная активность	1,6x71	8	909
Ходьба на работу, домой	3,2x71	0,5	114
Работа по хозяйству	3,3x71	4	938
Прием пищи	1,5x71	1	107
Пассивный отдых	1,6x71	2	228
<b>Всего:</b>	–	<b>24</b>	<b>2928</b>

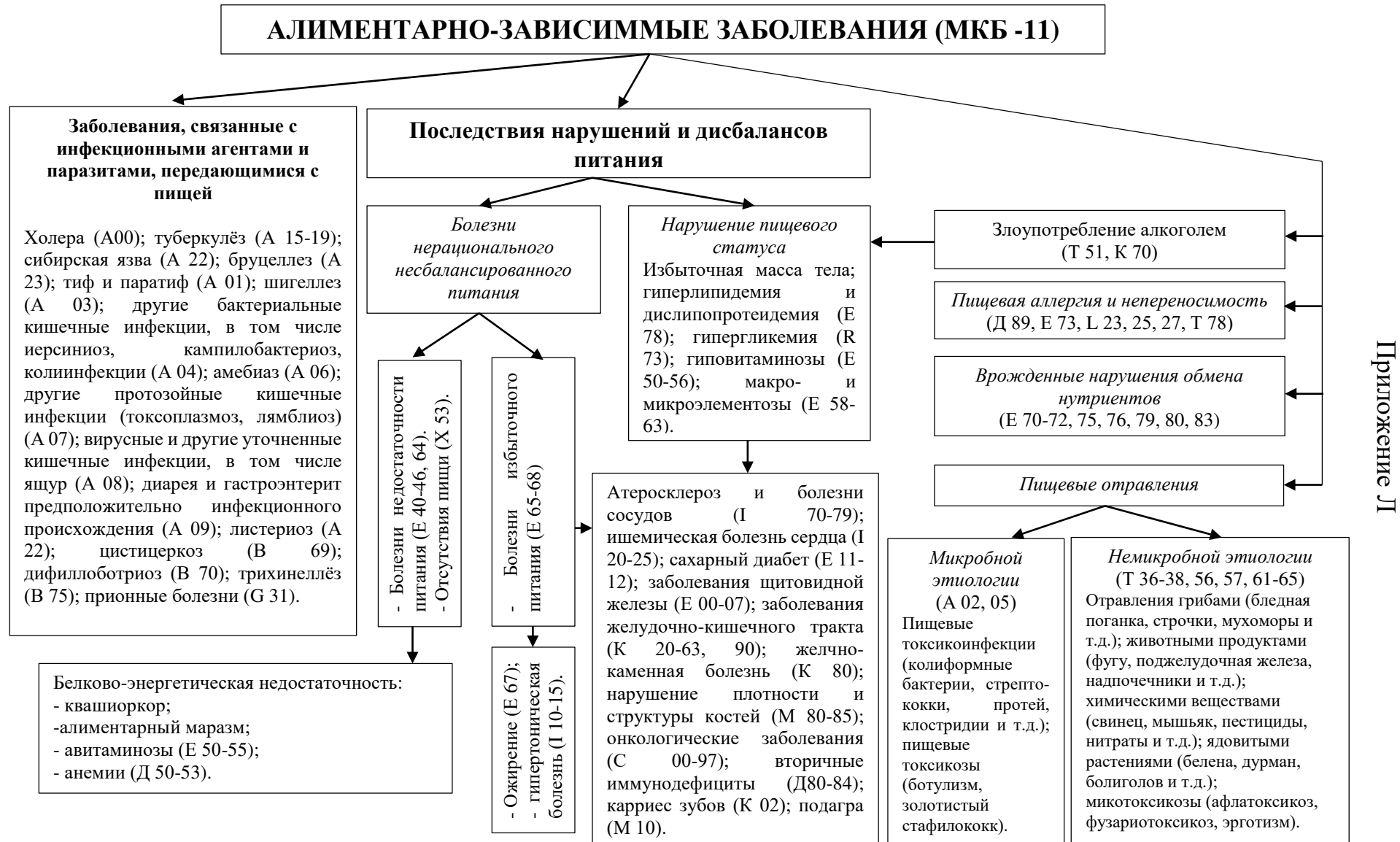


Рисунок Л.1 – Классификация алиментарно-зависимых заболеваний [107, 44]

Таблица М.1 – Профилактику развития отдельных алиментарно-зависимых заболеваний, связанных с нарушением и дисбалансом питания [115, 27]

	Симптомы	Варианты развития	Механизм	Доказанные факторы	Высоковероятные факторы	Возможные факторы	Предположительные факторы
Ожирение	Увеличение ИМТ	Поддержание массы тела в оптимальном интервале +/- 5 кг.	Усиление липолиза	1. Высокое содержание в рационе пищевых волокон. 2. Регулярная физическая нагрузка.	2. Формирование пищевого поведения с детства. 2. Грудное вскармливание	Низкий гликемический индекс пищи.	Увеличение дробности питания.
		Увеличение массы тела на 2-3 кг/год при регулярном превышении энергопоступления сравнительно с энергозатратами на 20 % и более	Усиленный синтез триглицеридов в их отложении жировых депо	1. Увеличение содержания животных жиров, моно- и дисахаридов в рационе. 2. Малоактивный образ жизни	Регулярное потребление сладких напитков и соков.	1. Привычка к большим порциям. 2. Система общественного питания.	Злоупотребление алкоголем.
Сахарный диабет 2 типа	- мучительная, постоянная сухость во рту; - частота мочеиспускании (выделение большого объема мочи); - быстрая потеря либо набор веса; - не проходящее чувство голода; - общая слабость; - сильная утомляемость	Снижения риска развития	Нормальный углеводный обмен	1. Снижение массы тела у лиц с ее избытком. 2. Регулярная физическая нагрузка.	Высокое содержание в рационе пищевых волокон.	1. Достаточное содержание Омега-3, ПНЖК. 2. Низкий гликемический индекс пищи. 3. Грудное вскармливание	Витамин Е, хром и магний.
		Повышение риска развития	Снижение чувствительности клеток-рецепторов к инсулину	1. Избыточная масса тела и ожирение. 2. Малоактивный образ жизни	1. Высокое содержание в пище насыщенных жирных кислот. 2. Гипотрофия при рождении.	Высокое содержание общего жира в рационе.	Злоупотребление алкоголем.

	без видимых причин.						
Сердечно-сосудистые заболевания	- плохая переносимость физических нагрузок; - кратковременная задержка дыхания, особенно во сне; - затрудненное дыхание; - отек кожи; - бледность, синева вокруг рта, посинение губ; - предобморочные состояния, потеря сознания.	Снижения риска развития	Повышение содержания липопротеина высокой плотности	1. Полиненасыщенные жирные кислоты (50 г/сутки рыбы). 2. Фрукты, ягоды, овощи. 3. Калий: натрий = 1,5 : 1. 4. Регулярная физическая активность.	1. Полиненасыщенные жирные кислоты (линолевая). 2. Мононенасыщенные жиры (олеиновая). 3. Цельно-зерновые продукты. 4. Орехи.	1. Биофлавоноиды. 2. Соевые продукты. 3. Фолат.	1. Кальций, магний, аскорбиновая кислота. 2. Алкоголь для коронарной патологии.
		Повышение риска развития	Гиперхолестеринемия, повышение содержания липопротеина низкой плотности, артериальная гипертензия.	1. Ненасыщенные жирные кислоты, трансформеры. 2. Натрий ( + 2 г/сутки - + 5 мм.рт.ст. (60-69 лет) - + 10 мм.рт.ст. (15-19 лет). 3. Избыточная масса тела. 4. Злоупотребление алкоголем.	1. Пищевой холестерин. 2. Растворимый нефильтрованный кофе.	1. Высокое содержание лауриновой кислоты в пищевом жире (при уровне жира больше 35% по калорийности его состава приблизительно). 2. Гипотрофия при рождении.	Углеводы, железо (неорганическое).
Онкозаболевания	- упорный хронический кашель и мокрота с примесью крови;	Снижения риска развития	Отсутствие нарушения процессов регуляции тканевого роста.	1. Регулярная физическая активность (толстый кишечник). 2. Профилактика избыточной массы тела (пищевод).	1. Регулярная физическая активность (молочная железа). 2. Фрукты, овощи (желудочно-кишечный тракт).	1. Пищевые волокна, соевые продукты. Рыба. 2. Витамины В, С, Е, А. 3. Фолат. 4. Кальций.	-

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- изменения в работе кишечника;</li> <li>- примесь крови в кале;</li> <li>- анемия;</li> <li>- нарушение мочеиспускания</li> <li>- изжога;</li> <li>- затруднение глотания;</li> <li>- потеря веса, лихорадка и потливость по ночам;</li> <li>- незаживающие язвы.</li> </ul>	Повышение риска развития	Нарушение пролиферации и дифференцировки клеток вследствие генетических нарушений.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Избыточная масса тела (желудочно-кишечный тракт, молочная железа в постменопаузе, эндометрий, почки простаты, толстый кишечник).</li> <li>2. Злоупотребление алкоголем (желудочно-кишечный тракт, молочная железа, печень).</li> <li>3. Афлатоксин, гепатиты, алкоголь (печень).</li> </ol>	Мясопродукты длительного хранения, микрофлора (толстый кишечник), соленые продукты (желудок), горячие напитки и продукты (ротовая полость, глотка, пищевод).	Животные жиры. Нитрозамины. Полициклические ароматические углеводороды. Полихлорированные бифенилы.	-
Ухудшение микроархитектоники костной массы	Заболевание протекает бессимптомно и выявляется только после перелома	Снижения риска развития		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Регулярная физическая активность.</li> <li>2. Кальций.</li> <li>3. Витамин Д.</li> <li>4. Оптимальная инсоляция</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Фрукты и овощи.</li> <li>2. Соевые продукты.</li> <li>3. Цинк, медь, марганец, калий, натрий.</li> <li>4. Витамины А, С, К.</li> </ol>	-	-
		Повышение риска развития		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Гормональная дисфункция.</li> <li>2. Злоупотребление алкоголем.</li> <li>3. Низкая масса тела.</li> </ol>	Избыток поваренной соли и белка в пище.	-	-

## Приложение Н

Безразмерные индексы сбалансированности рассчитываются с помощью следующих формул [97]:

– индекс сбалансированности РС – рецептурного состава ( $U_p$ ):

$$U_p = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n \left( \frac{P_j}{P_{эj}} \right)} \quad (\text{H.1})$$

где  $P_j$  – массовая доля  $j$ -го рецептурного элемента (жира, белка, углевода) в продукте или в рационе, мг/%;

$P_{эj}$  – массовая доля  $j$ -го рецептурного элемента (жира, белка, углевода), соответствующая физиологически необходимой норме (эталону), мг/%;

$n$  – количество рецептурных элементов в продукте или в рационе продуктов;

– индекс сбалансированности ВС – витаминного состава ( $U_v$ ):

$$U_v = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n \left( \frac{B_j}{B_{эj}} \right)} \quad (\text{H.2})$$

где  $B_j$  – массовая доля  $j$ -го витамина в продукте, мг/%;

$B_{эj}$  – массовая доля  $j$ -го витамина, соответствующая физиологически необходимой норме (эталону), мг/%;

$n$  – количество исследуемых витаминов в продукте или в рационе;

– индекс сбалансированности МС – минерального состава ( $U_m$ ):

$$U_m = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n \left( \frac{M_j}{M_{эj}} \right)} \quad (\text{H.3})$$

где  $M_j$  – массовая доля  $j$ -го минерала в продукте или в рационе, мг/%;

$M_{эj}$  – массовая доля  $j$ -го минерала, соответствующая физиологически необходимой норме (эталону), мг/%;

$n$  – количество исследуемых минералов в продукте или в рационе;

– индекс сбалансированности АС – аминокислотного состава ( $U_a$ ):

$$U_A = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n \left( \frac{A_j}{A_{эj}} \right)} \quad (\text{H.4})$$

– индекс сбалансированности ЖС – жирнокислотного состава ( $U_{ж}$ ):

$$U_{ж} = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n \left( \frac{Ж_j}{Ж_{эj}} \right)} \quad (\text{H.5})$$

где  $Ж_j$  – массовая доля  $j$ -го жирного состава в продукте или в рационе, мг%;

$Ж_{эj}$  – массовая доля  $j$ -го жирного состава, соответствующая физиологически необходимой норме (эталону), мг%;

$n$  – количество компонентов жирнокислотного состава в исследуемом продукте или рационе;

– индекс сбалансированности ЭЦ – энергетической ценности ( $U_{э}$ ):

$$U_{э} = \frac{\mathcal{E}_j}{\mathcal{E}_{эj}} \quad (\text{H.6})$$

где  $\mathcal{E}_j$  – энергетическая ценность продукта, кДж;

$\mathcal{E}_{эj}$  – энергетическая ценность продукта, соответствующая физиологически необходимой норме (эталону), кДж [97].

Идеальная сбалансированность рациона пациента будет достигнута тогда, когда частные критерии желательности будут равны единице, т.е.  $U_p = 1$ ,  $U_b = 1$ ,  $U_m = 1$ ,  $U_{ж} = 1$ ,  $U_a = 1$ ,  $U_{э} = 1$ .

Оценка химического состава продуктов, анализируемого рациона питания пациента представлено в табл. Н.1

Таблица Н.1 – Анализ химического состава продуктов рациона питания пациента

Приемы пищи	U <sub>p</sub>	U <sub>в</sub>	U <sub>m</sub>	U <sub>a</sub>	U <sub>ж</sub>	U <sub>э</sub>	D <sub>j</sub>
Завтрак	0,0052	0,00000000	0,00000000	0,2116	0,3378	0,7813	0,00000000
Обед	0,0097	0,00000000	0,00000000	0,0000	0,1486	0,6611	0,00000000
Полдник	0,0003	0,00000000	0,00000003	0,0000	0,0889	0,4296	0,00000000
Ужин	0,0029	0,00000000	0,00000000	0,0000	0,3000	0,8167	0,00000000
Всего	0,082	0,00000000	0,00000000	0,2116	0,2278	0,8902	0,00000000



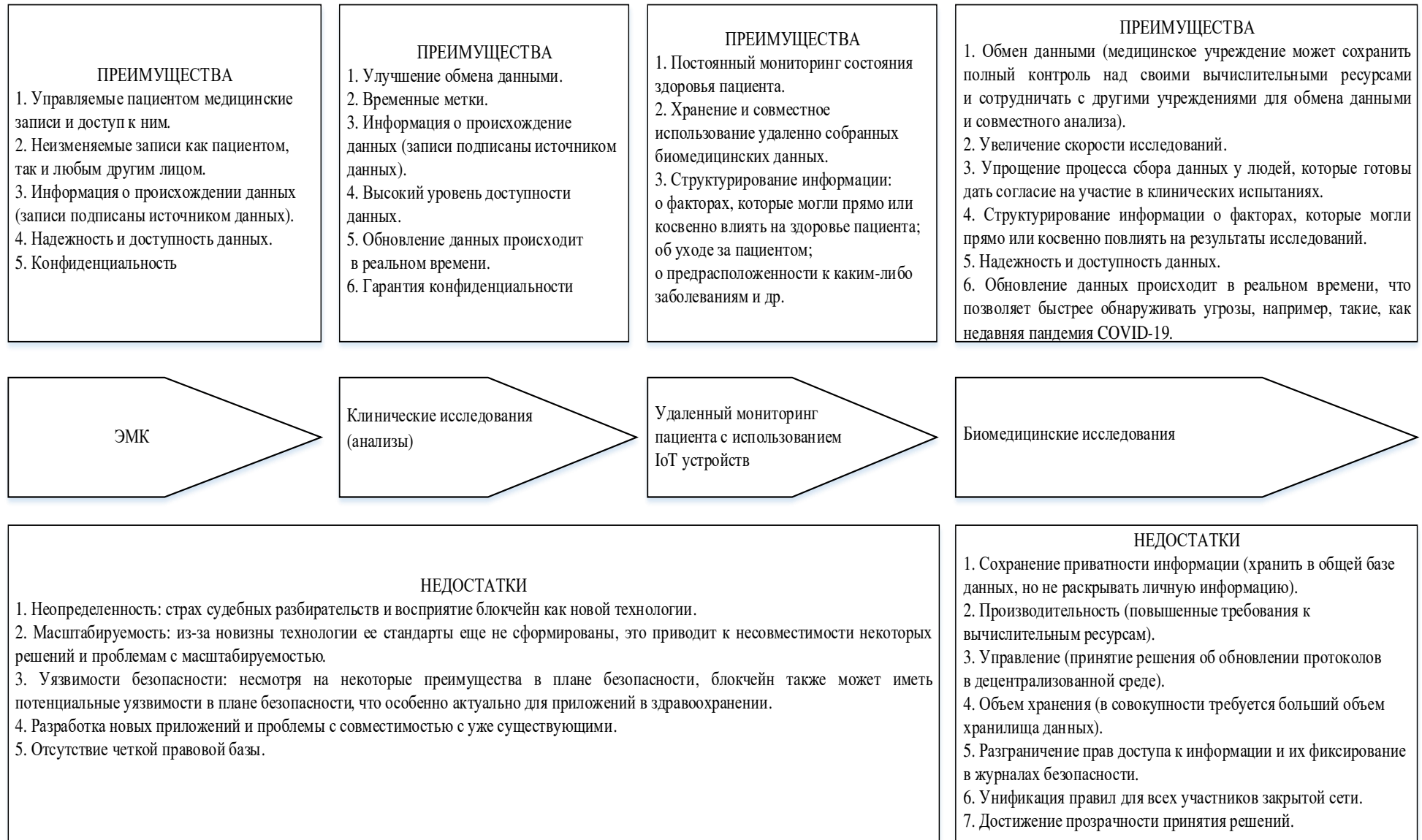


Рисунок П.1 – Преимущества и недостатки использования БТ в практической медицинской деятельности

## Приложение Р

Таблица Р.1 – Перечень вопросов в соответствии с критериями качества к организации испытаний разработанной ИС

Контрольные вопросы	Критерии качества	Факторы качества
Простота взаимодействия с разработчиками?	Изменяемость	Сопровождаемость
Возможность и простота тестирования ИС, детальной верификации, проверки функциональных возможностей и операционной оценки путем тестирования, измерения, наблюдения и анализа?	Тестируемость	Сопровождаемость
Возможность функционирования ИС надежно в соответствии с требованиями поддержки приложения и технологичности, включая управление аномалиями и его оценку: определение ошибочных ситуаций ИС и условий, требующих специальной обработки для подтверждения целостности ИС; особенности восстановления и работы в условиях неполной работоспособности?	Надежность	Надежность
Простота переноса ИС для использования в другой среде?	Простота установки	Мобильность
Применимо ли ИС в заданной операционной и поддерживающей среде?	Практичность	Практичность
Простота процесса адаптации ИС к конкретным условиям эксплуатации предназначенными для этого средствами?	Адаптируемость	Мобильность
Возможность функционирования ИС с максимальной производительностью (с оценкой использования данных, оценкой эффективности использования средств ВТ, технологичности)?	Технологичность	Эффективность
Соответствие и полнота реализации функций ИС задачам пользователя?	Пригодность	Функциональность
Насколько функционирование ИС и получаемые результаты соответствуют требованиям?	Правильность	Функциональность
Соответствие ИС стандартам или соглашениям, относящимся к мобильности?	Мобильность	Мобильность
Функционирует ли система эффективно, минимизируя издержки организации испытаний ИС, с минимальным временем отклика?	Временная эффективность	Эффективность

## Приложение С

Таблица С.1 – Ранжирование критериев качества организации испытаний ИС

Факторы качества	Критерии качества											Коэффициент согласия W
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	141	105	112	66,5	72,5	77,5	48,5	70	42	85	38	0,544
	11	9	10	4	6	7	3	5	2	8	1	
2	140	108,5	93	83,5	59,5	73	47	53	79	84	37,5	0,480
	11	10	9	7	4	5	2	3	6	8	1	
3	124,5	103,5	98,5	78,5	74	75	65	62,5	78,5	63	32	0,370
	11	10	9	7,5	5	6	4	2	7,5	3	1	
4	78,5	70,5	60,5	50	46,5	119,5	75	72,5	102,5	99,5	85	0,286
	7	8	3	2	1	11	6	5	10	9	8	
5	120,5	106	99	82	75	80	54	64	65	65,5	47	0,291
	11	10	9	8	6	7	2	3	4	5	1	
6	15	39	50	86,5	96,5	139	109,5	120,5	101,5	53	47,5	0,837
	1	2	4	6	7	11	9	10	8	5	3	

Таблица С.2 – Окончательная ранжировка критериев качества

Критерии качества	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Суммарные взвешенные ранги	108,6	94,8	90,4	79,2	74,5	78,6	63,1	71,4	73,6	79,3	45,9
Ранжировка	11	10	9	7	5	6	2	3	4	8	1

## Приложение Т

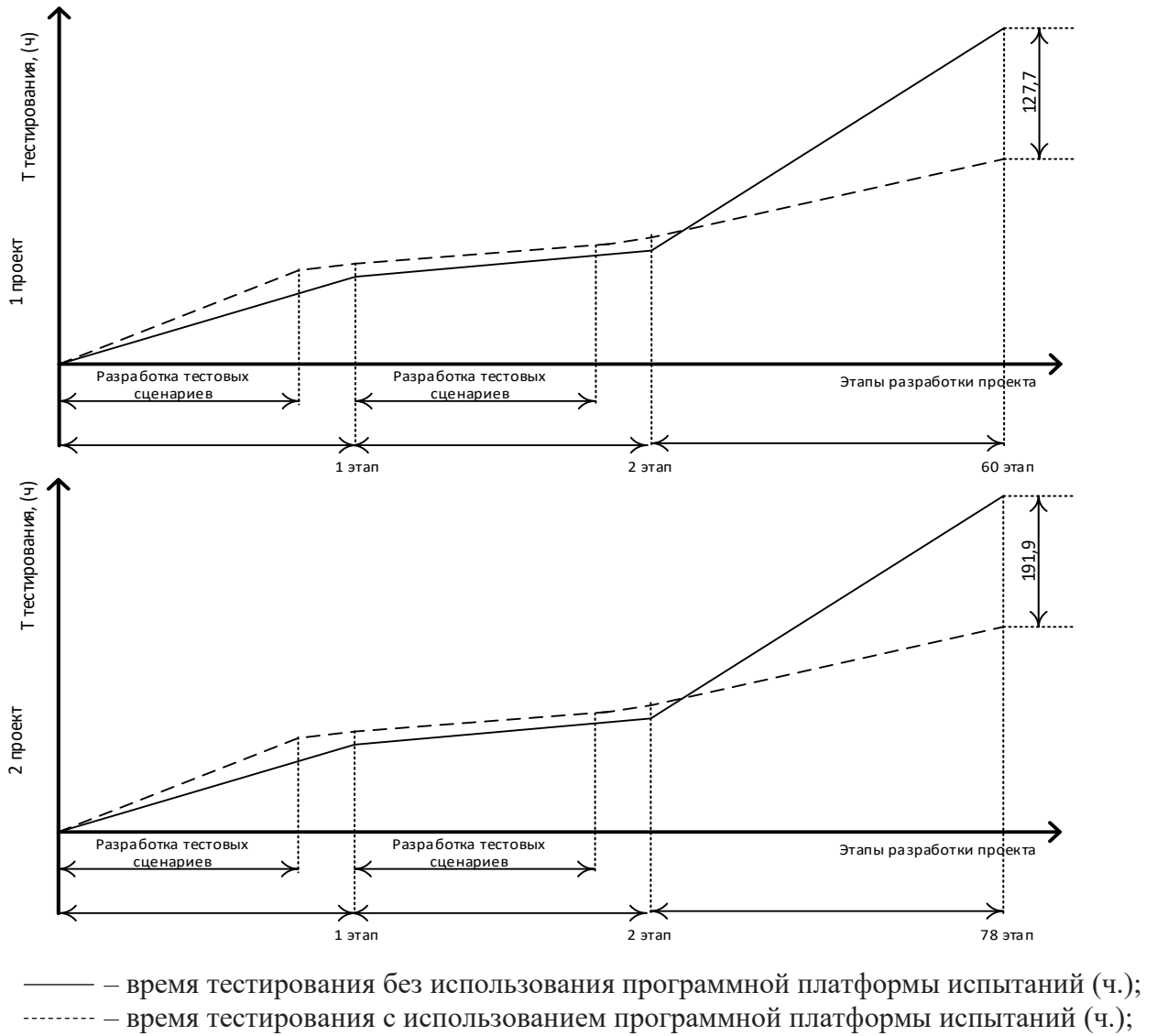


Рисунок Т.1 – График затрат времени тестирования ПО ИС «Нутриом» на этапах его разработки

Приложение У

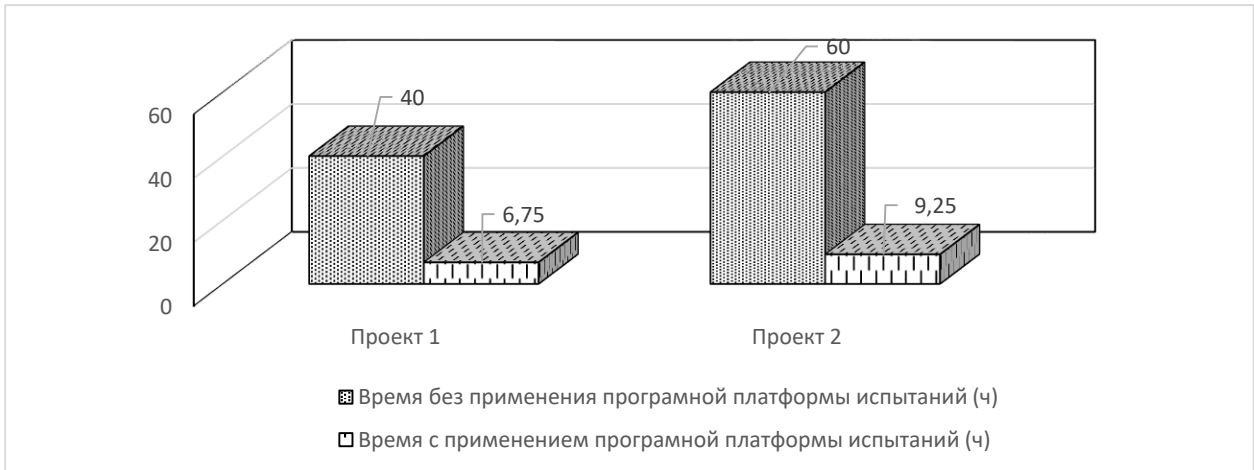


Рисунок У.1 – График изменения трудозатрат на организацию испытаний ПО ИС «Нутриом»

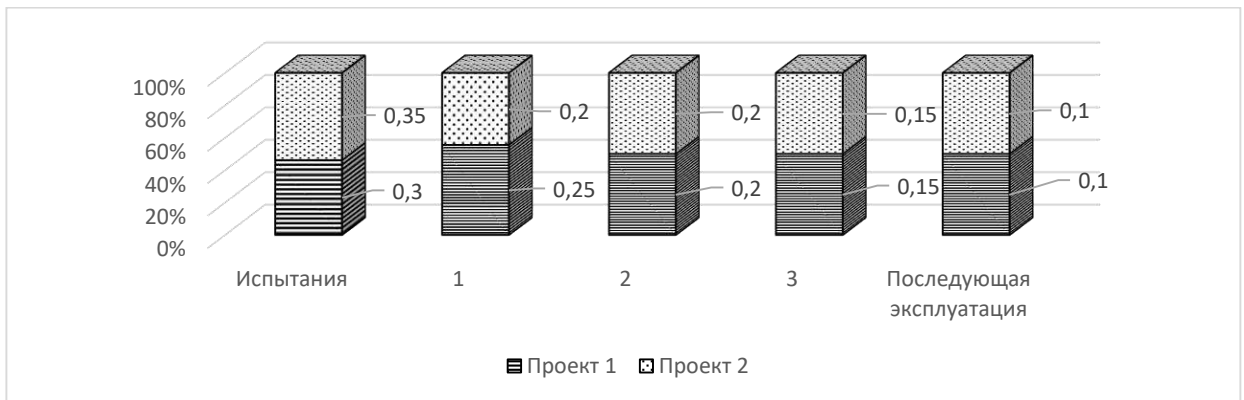


Рисунок У.2 – Доля ошибок, выявленных в проекте 1 и 2

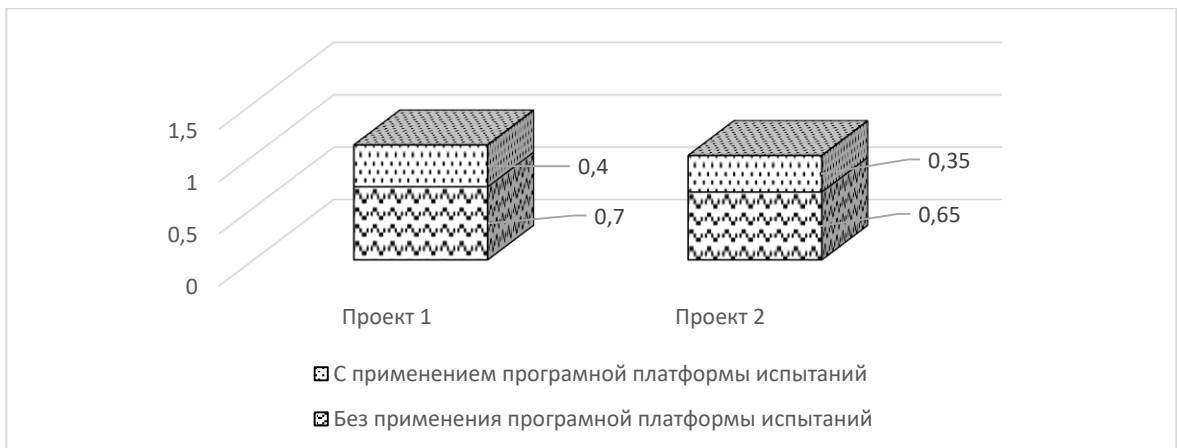


Рисунок У.3 – Доля невыявленных ошибок во время испытаний