ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»



СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ **СТО 95 12019-2017**

Инженерные изыскания при строительстве атомной станции
БАЗА ДАННЫХ
ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ФОРМИРОВАНИЮ, СТРУКТУРЕ, УПРАВЛЕНИЮ

Москва

gost.e-ecolog.ru

1. РАЗРАБОТАН ООО «Центр технических компетенций атомной отрасли»

2. ВНЕСЁН Директором по капитальным вложениям, государственному строительному надзору и государственной экспертизе Госкорпорации «Росатом»

3. УТВЕРЖДЁН И ВВЕДЁН В ДЕЙСТВИЕ приказом Госкорпорации «Росатом» от 13 ноября 2017г. № 1/1109-П

4. В настоящем стандарте реализованы положения НП-064-05 Учет внешних воздействий природного и техногенного происхождения на объекты использования атомной энергии

5. ВВЕДЁН ВПЕРВЫЕ

6. КОД ПРОДУКЦИИ (РАБОТ, УСЛУГ) ОК 029-2014 (КДЕС РЕД.2): 71.12

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведён, тиражирован и распространён в качестве официального издания без разрешения Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом»

Содержание

1 Область применения 5
2 Нормативные ссылки 6
3 Термины и определения 8
4 Обозначения и сокращения 12
5 Основные положения 12
5.1 Общие требования 12
5.2 Общие требования к формированию базы данных 14
5.3 Требования к данным 15
5.4 Требования к организации системы управления базы данных и совмещенному программному обеспечению 16
6 Структура базы данных 17
6.1 Классификационные свойства базы данных 17
6.2 Требования к организации и структуре базы данных 21
6.3 Требования к вносимым данным 22
7 Система управления базой данных 23
7.1 Общая структура системы управления базой данных 23
7.2 Система контроля доступа к базе данных 25
7.3 Система ввода-вывода данных 27
7.4 Система контроля данных 29
7.5 Интерфейс системы управления базы данных 30
8 Функционал системы управления базы данных 31
8.1 Математический функционал расчетного модуля 31
8.2 Требования к контролю исходных данных и преобразованиям 34
8.3 Требования к вложенным расчетам 37
8.4 Общая структура модуля статистического моделирования 38
8.5 Требования к шаблонам 40

Приложение А (рекомендуемое) Структурная схема базы данных и системы ее обработки……..42

Приложение Б (рекомендуемое) Структурно-логическая схема данных в БД……43

Приложение В (рекомендуемое) Схема взаимодействия расчетного модуля и данных……46

Приложение Г (рекомендуемое) Схема предварительной обработки.47

Приложение Д (справочное) Схема анализа временного ряда при составлении прогнозной модели……..48

Приложение Ж (справочное) Метод скользящего среднего……..49

Приложение И (справочное) Экспоненциальное сглаживание……50

Приложение К (справочное) Модель Хольта……51

Приложение Л (справочное) Модель Хольта-Уинтерса……..53

Приложение М (справочное) Метод SSA – Анализ сингулярных спектров……55

Библиография ……56

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на вновь создаваемые базы данных по природным условиям и техногенным воздействиям на площадке размещения атомной станции, сформированных на основании результатов инженерных изысканий (инженерно-геодезических, инженерно-геологических, инженерно-гидрометеорологических, инженерно-экологических и инженерно-геотехнических), а также мониторинга компонентов окружающей среды и устанавливает требования и принципы формирования баз данных, включая:

- требования к формам ввода исходных данных (текстовых, табличных, графических растровых и векторных);

- предварительную обработку данных, выполняемой с целью контроля и компенсации внутренних и внешних особенностей и систематических погрешностей ранее выполненных наблюдений;

- правила хранения и редактирования базы данных, контроля доступа и учета ее использования;

- контроль за использованием программных средств, используемых при обработке базы данных.

Настоящий стандарт предназначен для применения при:

- разработке программ и отчетной документации по результатам инженерных изысканий, при наличии решения Заказчика (Застройщика) о формировании базы данных по природным условиям и техногенным воздействиям на площадке размещения атомной станции, отраженного в техническом задании;

- сборе, актуализации и анализе изыскательских материалов по имеющимся фондовым материалам изученности на этапе выбора площадки атомной станции;

- проведении инженерных изысканий на всех этапах разработки проектной документации, строительства и эксплуатации атомной станции.

По решению Заказчика (Застройщика) настоящий стандарт может быть также применен к действующим базам данных по природным условиям и техногенным воздействиям на площадке размещения атомной станции.

Настоящий стандарт не распространяется на результаты производственного экологического мониторинга, выполняемого в процессе эксплуатации атомной станции.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 34.201-89 Информационная технология (ИТ). Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем;

ГОСТ 34.320-96 Информационные технологии (ИТ). Система стандартов по базам данных. Концепции и терминология для концептуальной схемы и информационной базы;

ГОСТ 34.321-96 Информационные технологии (ИТ). Система стандартов по базам данных. Эталонная модель управления данными;

ГОСТ 34.602-89 Информационная технология (ИТ). Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы;

ГОСТ Р 50779.0-95 Статистические методы. Основные положения;

ГОСТ Р 50779.10-2000 (ИСО 3534.1-93) Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения;

ГОСТ Р 50779.90-2014/ ISO/TR 13519 2012 Статистические методы. Требования к информации о программном обеспечении, используемом при разработке нормативных документов;

ГОСТ Р 52292-2004 Информационная технология (ИТ). Электронный обмен информацией. Термины и определения;

ГОСТ Р 8.820-2013 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Метрологическое обеспечение. Основные положения;

ГОСТ Р ИСО/МЭК 13335-1-2006 Информационная технология (ИТ). Методы и средства обеспечения безопасности. Часть1. Концепция и модели менеджмента безопасности информационных и телекоммуникационных технологий;

ГОСТ Р ИСО/МЭК ТО 10032-2007 Эталонная модель управления данными;

СП 47.13330-2016 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96;

СП 151.13330-2012 Инженерные изыскания для размещения, проектирования и строительства АЭС. Часть I. Инженерные изыскания для разработки предпроектной документации (выбор пункта и выбор площадки размещения АЭС);

СП 151.13330-2012 Инженерные изыскания для размещения, проектирования и строительства АЭС. Часть II. Инженерные изыскания для разработки проектной и рабочей документации и сопровождения строительства.

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования - на официальном сайте федерального органа исполнительной власти в сфере стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю "Национальные стандарты", который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячно издаваемого информационного указателя "Национальные стандарты" за текущий год.

Если заменен ссылочный стандарт (документ), на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта (документа) с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт (документ), на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта (документа) с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт (документ), на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт (документ) отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

Сведения о действии сводов правил можно проверить в Федеральном информационном фонде стандартов.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины, которые установлены и определены в Федеральном законе от 10 января 2002 года № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды», Градостроительным кодексом

Российской Федерации, Федеральных нормах и правилах в области использования атомной энергии НП-064-05 «Учет внешних воздействий природного и техногенного происхождения на объекты использования атомной энергии», ГОСТ 34.003-90, ГОСТ 34.321-96, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **авторизация пользователя:** Предоставление определённому лицу или группе лиц прав на выполнение определённых действий; а также процесс проверки (подтверждения) данных прав при попытке выполнения этих действий.

3.2 **аутентификация пользователя:** Процедура проверки подлинности (пользователя проверяют с помощью пароля, письмо проверяют по электронной подписи и т.д.).

3.3 **базы данных:** Совокупность данных, хранимых в соответствии со схемой данных, манипулирование которыми выполняют в соответствии с правилами средств моделирования данных.

[ГОСТ 33707-2016 (ISO/IEC 2382:2015), статья 4.77].

3.4 **дерево:** Структура данных в информатике, эмулирующая древовидную структуру объектов.

3.5 **доверительный интервал**: Интервал значений, который с заданной доверительной вероятностью содержит истинное значение измеряемой величины.

3.6 **идентификация временного ряда:** Формальное описание ряда, включающего оценки систематических составляющих - тренда, циклических (сезонных) компоненты и случайного шума.

3.7 **идентификация пользователя:** Данные, которые могут использоваться в определенном контексте, чтобы идентифицировать пользователя, от имени которого должна запрашиваться работа.

[ГОСТ Р ИСО/МЭК 8831-99, статья 1.3.2.11.2.]

3.8 **конвертирование:** Процесс перемещения документов с одного носителя на другой или из одного формата в другой.

[ГОСТ Р ИСО 15489-1-2007, статья 3.7]

3.9 **логин:** Имя, под которым работает пользователь на компьютере.

3.10 **модель Тейла-Вейджа:** Прогностическая мультипликативная временная модель, в которой учитывается наличие аддитивного линейного тренда и сезонности (периодически коррелируемого годичного случайного процесса).

3.11 **модель Хольта-Уинтерса:** Прогностическая аддитивная временная модель, в которой учитывается наличие линейного тренда и сезонности (периодически коррелируемого годичного случайного процесса).

3.12 **показатель точности измерений**: Установленная характеристика точности любого результата измерений, полученного при соблюдении требований и правил данной методики измерений.

[ГОСТ Р 8.563-2009, статья 3.4]

Примечание – К показателям точности относятся, например, среднее квадратическое отклонение, доверительные границы погрешности, стандартная неопределенность измерений, суммарная стандартная и расширенная неопределенности.

3.13 **постоянные данные:** Данные, которые постоянно сохраняются в информационной системе в течение всего процесса обработки данных.

3.14 **сплайн Акимы**: Особый вид сплайна, устойчивый к выбросам в окрестностях точки, значения второй координаты которой существенно отличаются от значений вторых координат соседних по оси абсцисс точек.

3.15 **среда управления данными**: Используемые в компьютерной системе формализованные принципы описания данных и соответствующие элементы их обработки.

[ГОСТ Р ИСО/МЭК ТО 10032-2007, статья 2.27]

3.16 **структура:** Множество взаимосвязанных частей любой сложной сущности и взаимодействие между ними.

[ГОСТ Р ИСО 15531-32-2010, статья 3.1.27]

3.17 **структурированность:** Явное выделение составных частей (элементов), связей между ними.

3.18 **файл:** Поименованная совокупность записей, рассматриваемая как единое целое.

[ГОСТ Р ИСО/МЭК 19762-1-2011, термин 01.01.38]

3.19 формат данных: Конкретная форма представления данных, в которой установлены ограничения типа данных.

[ГОСТ Р 52292-2004, статья 6.3.1]

3.20 **целостность ресурсов информационной системы**: Состояние ресурсов информационной системы, при котором их изменение осуществляется только преднамеренно субъектами, имеющими на него право, при этом сохраняются их состав, содержание и органи-

зация взаимодействия.

[Р 50.1.056-2005, статья 3.1.7].

3.21 **экспоненциальное сглаживание:** Метод математического преобразования, используемый при анализе и прогнозировании временных рядов.

3.22 **экспорт данных**: Услуга по управлению данными, заключающаяся в извлечении данных из базы данных и создании копии этих данных, организованных в соответствии с форматом обмена данными.

[ГОСТ Р ИСО/МЭК ТО 10032-2007, статья 2.20]

3.23 **экстраполяция:** Особый тип аппроксимации, при котором функция аппроксимируется вне заданного интервала, а не между заданными значениями.

4 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте используются следующие сокращения:

АС - атомная станция;

БД - база данных;

СУБД - система управления БД;

SSA - singular spectrum analysis или Анализ сингулярного спектра.

5 Основные положения

5.1 Общие требования

5.1.1 Формирование БД по природным условиям и техногенным воздействиям на площадке размещения АС осуществляется в рамках Федерального закона «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» [1].

Необходимость формирования БД устанавливается Заказчиком (застройщиком) в техническом задании.

5.1.2 БД должна храниться в электронном виде, а формирование БД следует осуществлять:

- либо при помощи специальной программной среды управления данными, называемой СУБД, разрабатываемой в соответствии с ГОСТ 34.602;

- либо при помощи совокупности текстовых, табличных и графических файлов, и программных средств для управления этими файлами и контролируемым доступом к файлам данных и программным средствам. Требования к программным средствам установлены в дополнительных требованиях, утвержденных Правительством Российской Федерации [2].

5.1.3 В соответствии с ГОСТ 34.321 и ГОСТ Р ИСО/МЭК ТО 10032 организация, структура, тип и форма СУБД должна включать:

- контроль доступа и пользовательский контроль, включающий идентификацию, аутентификацию (при необходимости) и авторизацию пользователей, ведение журналов пользования БД;

- контроль ввода исходных данных, включая: программные возможности ввода данных из измерительных устройств; опосредованный ввод данных с использованием файлов распространенных офисных приложений;

- ввод данных, полученных ранее и хранящийся в различных отчетных формах (в электронном, виде, на бумажном носителе;

- хранение результатов инженерных изысканий, (в том числе данных мониторинга компонентов окружающей среды), включая: предварительную обработку исходных данных (отбраковки грубых ошибок и компенсации систематических ошибок) измеренных данных;

- унификацию методов расчёта искомых параметров по наблюдённым величинам и получения искомых расчётных величин (параметров) и их представлений, включая текстовые, табличные и графические формы;

- контроль ранее полученных и тиражирование данных, сопоставление с результатами текущих наблюдений и учёт изменений в технической и производственной документации.

Пример общей логической структуры БД и средств их обработки , приведен в форме структурной схемы базы данных и системы ее обработки в приложении А.

5.2 Общие требования к формированию базы данных

5.2.1 Формирование БД должно осуществляться по видам инженерных изысканий, включая мониторинг компонентов окружающей среды. Виды инженерных изысканий для подготовки проектной документации установлены перечнем видов инженерных изысканий [3].

5.2.2 БД должна включать текстовые, табличные и графические шаблоны, используемые в изыскательской практике и установленными документами по стандартизации. Виды документов по стандартизации установлены в статье 14 Федерального закона «О стандартизации в Российской Федерации» [4].

5.2.3 В пределах одного и того же объекта должна использоваться единая система наименований, определяющая иерархию (изыскательскую, территориальную), необходимую при проведении процедуры сортировки данных.

5.2.4 В пределах одного и того же объекта должна использоваться единая система координат и/или высот.

5.2.5 БД должна включать ссылочную, а при необходимости физическую базу нормативной и технической документации, применяемую для описания методов или ссылок на методы, используемые для проведения инженерных изысканий.

5.3 Требования к данным

5.3.1 При организации БД инженерных изысканий следует различать постоянные и временные данные. К постоянным данным должны относиться первичные (необработанные) данные и расчетные (обработанные) данные, полученные после расчетов.

5.3.2 Постоянные первичные и расчетные данные должны представляться с указанием показателей точности или неопределенности. Требования о наличии показателей точности или неопределенности данных установлены приказом Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» [5].

Дальнейшая обработка исходных (первичных) данных должна проводиться с учетом форматов данных, указанных в сводах правил вместе со значениями показателей точности.

5.3.3 Допускается представление результата измерений плотностью распределения вероятностей на множестве возможных значений измеряемой величины.

5.3.4 Результаты измерений (расчетов) следует представлять в следующем формате: измеренное значение и соответствующий показатель точности или неопределенности, который должен быть установлен в соответствии с нормативными требованиями.

5.3.5 При заполнении БД инженерных изысканий информацией, источниками должны быть подтвержденные электронные и бумажные версии материалов инженерных изысканий.

Допускается использование материалов и отчетов прошлых лет (архивные данные) с установленными значениями характеристик погрешности или неопределенности измерений.

5.3.6 Форма представления результатов мониторинга компонентов окружающей среды, должна соответствовать требованиям [5] и требованиям представления временных рядов.

5.4 Требования к организации системы управления базы данных и совмещенному программному обеспечению

5.4.1 СУБД должна поддерживать схему логической структуры БД в формальном виде. Данные в БД должны быть логически структурированы (систематизированы) для обеспечения возможности поиска и обработки.

Схема СУБД должна включать в себя описания содержания, структуры и ограничений целостности, используемых для создания и поддержки БД, в виде набора постоянных данных, определённых с помощью схемы.

5.4.2 Персональный компьютер или рабочая станция должны быть оснащены специальным программным обеспечением, позво-

ляющим использовать информацию БД и позволять быть совмещенными с программным обеспечением СУБД.

5.4.3 К необходимым (обязательным) программам относятся:

- текстовые, табличные и графические редакторы, совместимые с программным комплексом MS.Office (не ниже Office-2010) или эквивалентным, а также средства для чтения файлов с расширением .pdf;

- средства для чтения и редактирования векторной картографической информации, совместимые с приложением Surfer программного комплекса Golden.Software (не ниже GS.Surfer 12) или эквивалентным;

- средства для чтения и редактирования векторной графики, совместимые с приложением AutoCad программного комплекса AutoDesk (не ниже AutoCad-2007) или эквивалентным;

- средства для чтения и редактирования растровой графики распространенных форматов с расширением .tiff, .bmp, png, jpg или эквивалентным

6 Структура базы данных

6.1 Классификационные свойства базы данных

6.1.1 По характеру организации хранения данных БД должна быть распределённой для обеспечения использования БД специалистами различного уровня и различных специальностей.

6.1.2 По форме представления информации БД должна быть визуальной, обеспечивая получение итоговых документов, которыми являются отчётные и справочные формы.

6.1.3 По модели структурирования, БД должна быть реляционной, представляя собой множество взаимосвязанных таблиц, каждая из которых содержит информацию об объектах определённого вида.

Каждая строка таблицы должна содержать данные об одном объекте (результаты измерений во времени), а столбцы таблицы должны содержать различные характеристики этих объектов – атрибуты (координаты, названия, привязки, и пр.).

6.1.4 Все записи (строки таблицы) таблицы должны иметь одинаковую структуру, состоящую из полей (элементов данных), в которых хранятся атрибуты объекта.

6.1.4.1 Каждое поле записи должно содержать одну характеристику объекта и представлять собой заданный тип данных (например, текстовая строка).

6.1.4.2 Для идентификации записей следует использовать первичный ключ в виде набора полей таблицы, комбинация значений которых однозначно определяет каждую запись в таблице.

6.1.5 Общая структура БД должна включать в себя следующие структурированные данные:

- объекты, структурированные по схеме Дерево;
- элементы объектов, со ссылкой на объект, которому они принадлежат;
- данные элементов объектов;
- связи элементов объектов;
- справочники;
- системные настройки;
- границы областей объектов;

- виды прогнозов; данные прогнозов;
- нормативная и техническая документация;
- пользователи и уровни доступа;
- профили доступа;
- протокол работы с БД.

6.1.5.1 Данные об объектах должны включать в себя: основные характеристики объекта; рисунок (схема) объекта (растровый и/или векторный); ссылку на родительский объект.

6.1.5.2 Данные об элементах объектов должны включать в себя: основные характеристики элемента; координаты элемента; ссылку на объект, которому принадлежит элемент; тип элемента.

6.1.5.3 Данные элементов объектов должны содержать: ссылку на элемент объекта, к которому относится; дату измерения; значение; цвет; цвет фона; стиль шрифта; комментарий; число разрядов после запятой.

6.1.5.4 Описание связей элементов объектов должно содержать: ссылку на элементы, которые связываются; характеристики связи; тип связи.

6.1.5.5 Информация о справочниках должна включать в себя данные справочников, констант, используемых при расчётах.

6.1.5.6 Описание системных настроек должно содержать настройки, касающиеся таких характеристик, как точность представления информации, параметры элементов формы.

6.1.5.7 Сведения о границах областей объектов должны содержать информацию о форме и размерах зоны, ограничивающих область объекта.

6.1.5.8 Информация о видах прогнозов должна содержать:

- метод прогноза; ссылку на объект прогноза;
- ссылку на прогнозируемый ряд;
- временные рамки прогноза;
- параметры прогноза (доверительная вероятность или вероятность события, определяющие границы прогноза).

6.1.5.9 Информация о данных прогнозов должна содержать числовые данные прогнозирования.

6.1.5.10 Информация о нормативной и технической документации должна содержать упорядоченные ссылки на нормативную и техническую документацию или саму документацию с возможностью поиска и быстрого доступа к ней.

6.1.5.11 Сведения о пользователях и уровнях доступа должны содержать: логины пользователей, имеющих доступ к БД; зашифрованные пароли; ссылки на профили доступа пользователя.

6.1.5.12 Информация о профилях доступа должна содержать: наименование профиля; информацию о том, в какие блоки БД данный профиль имеет доступ и его уровень.

6.1.5.13 Протоколы работы с БД должны содержать: вид операции, произведённый с БД; объект БД, с которым произведена операция; дату и время проведения операции; логин пользователя БД, который провёл операцию; сетевой логин пользователя, который провёл операцию; компьютер, с которого произведена операция.

6.1.6 Интерфейс СУБД должен предусматривать визуализацию структуры объектной иерархии с глубиной построений не менее 10 уровней вложенности.

6.2 Требования к организации и структуре базы данных

6.2.1 Все данные БД должны быть структурированы (по признаку хранения, на две основные группы: данные, хранимые в памяти компьютера и метаданные, получаемые в результате расчетов. Пример структурно-логической схемы данных в БД приведен в приложении Б.

6.2.1.1 К данным, хранимым в памяти компьютера, должны относиться:

- основные данные, включая обновляемые данные результатов изысканий и данные мониторинга;

- вспомогательные данные, включающие ведомость ссылочных документов, ссылочные документы, шаблоны и справочники, предназначенные только для чтения.

6.2.1.2 К метаданным должны относиться данные, получаемые в ходе расчетов, а также результаты прогнозирования.

6.2.2 Данные, вносимые в БД, должны быть сгруппированы на исходные (или первичные) данные и преобразованные данные, сохраняемые после необходимой коррекции исходных данных одновременным протоколированием коррекций.

6.2.3 Исходные (или первичные) данные должны оставаться неизменными на весь срок службы БД.

6.2.4 Получение расчетных данных должно осуществляться по преобразованным данным в соответствии с 6.2.2.

6.2.5 Вспомогательные данные должны быть структурированы по их назначению на нормативные, технические, шаблоны и справочники.

6.2.6 В БД должна быть предусмотрена обновляемая ссылочная БД нормативных и технических документов, определяющая и подтверждающая основные наблюдаемые параметры.

6.2.6.1 Входными данными являются файлы неизменяемых форматов (pdf, fb2, djvu и аналогичные), сохраняемые в теле БД.

6.2.7 В БД должна быть предусмотрена конструируемая и редактируемая библиотека шаблонов выводных документов в виде обязательных и рекомендуемых текстовых, табличных и графических форм.

6.2.8 Шаблоны должны сохраняться в виде ссылочной библиотеки текстовых, табличных и графических файлов (офисных форматов). Для разработки шаблонов рекомендуется использовать конструкторы шаблонов и форм.

6.3 Требования к вносимым данным

6.3.1 Ко всем вносимым в БД данным предъявляются следующие требования:

6.3.1.1 Во всех случаях должна быть указана дата и способ получения данных. При использовании ранее выпущенных отчетных форм для наполнения БД рекомендуется сохранять электронные версии отчетов и использовать ссылки на файлы.

6.3.1.2 К вносимым данным предъявляются следующие требования. Если данные являются:

- текстовыми, то в тексте должна быть исключена неоднозначность толкования;

- табличными, то значения должны быть снабжены точностью их определения;

- графическими, то должна быть указана точность их построения.

6.3.1.3 Если данные являются ссылочными, то в БД должен быть приведен текст, а при отсутствии - указан источник. Если таких данных нет, то данные в БД не используются.

6.3.1.4 Если данные носят косвенный характер, лишь частично описывающий необходимую характеристику, то в описании приводятся особенности этой характеристики и степень ее соответствия искомому параметру.

6.3.2 К мониторинговым данным добавляются следующие требования.

6.3.2.1 Табличные данные должны быть показаны как временные ряды, включая:

- показатели цикличности и условий измерений;

- показатели скорости изменения параметра, если данные подлежат линейной аппроксимации;

- оценки компонентов временного ряда, если позволяют длина и количество измерений.

6.3.2.2 Графические данные (карты) должны быть снабжены картами, характеризующими изменения, прошедшими за время проведения мониторинга, включая скорости и направления этих изменений.

7 Система управления базой данных

7.1 Общая структура системы управления базой данных

7.1.1 СУБД должна соответствовать требованиям ГОСТ 34.201, ГОСТ 34.320, ГОСТ 34.321. Техническое задание на разработку автоматизированной системы выполняется в соответствии с ГОСТ 34.602.

7.1.2 Структура СУБД должна представлять собой интегрированную в единую программную среду совокупность программных средств, позволяющих осуществлять:

- контроль доступа к данным (авторизация, идентификация, при необходимости - аутентификация);
- ввод и запись данных, используя: клавиатуру; текстовые, табличные и графические файлы и связанные с ними процедуры конвертирования из популярных офисных форматов с возможностью использования валидаторов формата;
- контроль ввода и хранения данных на физическом и логическом уровнях;
- работу с наблюденными данными, включая предварительную обработку, расчеты параметров, при необходимости – статистическое моделирование и прогнозирование;
- работу с вспомогательными данными, включая просмотр и использование вспомогательных данных без выхода из СУБД, либо подключение соответствующих внешних совмещенных программных средств;
- вывод данных с редактированием и использованием текстовых, табличных и графических шаблонов в офисные форматы.

Рекомендуемая структурная схема базы данных и системы ее обработки приведена в приложении А.

7.1.3 Для разных уровней работы с БД, необходимо использовать тот язык программирования, который наиболее приспособлен для этого уровня.

Пример.

Для работы в локальном режиме рекомендуется СУБД Sqlite. Для работы в сетевом режиме рекомендуется любая СУБД, поддерживающая международный стандарт ANSI SQL-92.

7.2 Система контроля доступа к базе данных

7.2.1 В СУБД должен быть предусмотрен контроль доступа к БД. Требования к доступу/ограничению доступа к БД установлены Федеральным законом «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» [1].

7.2.2 Элементами СУБД должны быть процедуры авторизации, идентификации и при необходимости - аутентификации как средство для обеспечения персонализации субъектов в компьютерных системах.

7.2.3 В СУБД должна быть предусмотрена не менее чем четырёхуровневая система идентификации приведенных в таблице 7.1: гостевой уровень, клиентский (пользовательский) уровень, экспертный уровень, администраторский уровень.

Таблица 7.1 – Уровни доступа

Операции	Уровень доступа			
	Гость	Клиент	Эксперт	Админ

Операции	Уровень доступа			
	Гость	Клиент	Эксперт	Админ
Установка параметров контроля доступа	Нет	Нет	Нет	Да
Просмотр данных и расчётов	Да	Да	Да	Нет
Назначение иерархической структуры	Нет	Да	Да	Нет
Ввод данных, импорт и экспорт данных	Нет	Да	Да	Нет
Предварительная обработка данных	Нет	Нет	Да	Нет
Расчёты	Нет	Да	Да	Нет
Анализ и прогноз временных рядов	Нет	Нет	Да	Нет
Построение шаблонов	Нет	Нет	Да	Нет
Вывод данных	Да	Да	Да	НЕТ
Резервное копирование и восстановление базы данных.	Нет	Нет	Нет	Да
Сервисные функции администрирования БД	Нет	Нет	Нет	Да

7.2.4 Гостевой уровень («Гость») должен обеспечивать ознакомительный просмотр БД, ограниченный доступ к отдельным документам, шаблонированным на экспертном уровне, а также к сохранению в виде текстового файла и/или выводу его на печать.

7.2.5 Клиентский уровень («Клиент») должен обеспечивать возможность ввода данных для актуализации БД, расчёты, выводные операции, включая конвертирование в необходимые (офисные) форматы.

7.2.6 Экспертный уровень («Эксперт») должен включать в себя все функции пользовательского доступа, анализ и прогноз, подготовку текстовых, табличных и графических шаблонов документов, а также операции по предварительной обработке исходных данных.

7.2.7 Администраторский доступ («Админ») должен включать в себя операции по персонализации и назначению имеющихся уровней доступа к БД, организации серверных операций и пр.

7.2.8 На всех уровнях доступа должна осуществляться процедура протоколирования «входа-выхода» в соответствующую таблицу.

7.3 Система ввода-вывода данных

7.3.1 Система ввода данных должна представлять собой интегрированную в единую программную среду совокупности программных средств, позволяющих осуществлять:

- клавиатурный ввод;
- ввод данных из файлов с их одновременным протоколированием в соответствующих разделах библиотеки ссылок;
- контроль целостности исходных данных.

7.3.2 Система ввода данных должна поддерживать: ввод, запись и удаление данных из файлов общепринятых офисных форматов приведенных в таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Основные типы и виды файлов, поддерживаемых СУБД при вводе

Вид файла	Тип и стандарт поддерживаемого файла
Текстовые документы	(.doc, .docx, .docm)
	Portable Document Format (PDF)— межплатформенный формат электронных документов
	OpenDocument Text (.odt) (вариант открытого текстового формата)
	текстовый файл (.txt)
	(.sxw) (также открытый текстовый формат)
Электронные таблицы	(.xls, .xlsx, .xlsm)
	OpenDocument Spreadsheet (.ods) (формат, используемый открытым табличным процессором от OASIS, универсальный стандарт использующий XML и Zip)
	(.sxc) [открытый формат на (XML, ZIP)
Растровая графика	BMP (Windows or OS/2 bitmap)
	JPEG, JPG, JPE (Joint Photographic Experts Group)
	TIFF, TIF (Tagged Image Format)
	PNG (Portable Network Graphics)
Векторная графика	CDR
	WMF
	EMF
	DXF
	SRF

7.3.3 СУБД должна поддерживать сортировку основных и вспомогательных данных по наименованию, дате ввода и обновления, по имени пользователя, по идентификатору компьютера в сетевых версиях, по координатной близости объектов в соответствии установленной иерархией ссылок.

7.3.4 СУБД должна поддерживать возможность импорта и экспорта объектов БД, а также экспорт нормативной и технической документации в формате ее ввода с сохранением атрибутов времени последнего редактирования и сохранения в памяти и присвоением уникального имени для объекта.

7.3.5 В целях контроля целостности БД при экспорте - импорте объекта БД должна выполняться процедура контрольного копирования существующих данных с возможностью отката до последнего шага (импорта объекта БД).

7.3.6 СУБД должна поддерживать вывод текстовых, табличных и графических данных в файлы формата совмещенных программных офисных средств, а также должна быть предусмотрена возможность прямого копирования в буфер обмена помеченных пользователей текстовых, табличных и графических массивов.

7.4 Система контроля данных

7.4.1 Структура СУБД должна иметь систему контроля базы данных на физическом уровне по ГОСТ Р ИСО/МЭК 13335-1, обеспечивающих:

- отказоустойчивость (резервирование, дублирование, зеркалирование оборудования и данных*);

- безопасное восстановление (резервное копирование и электронное архивирование информации).

7.4.2 Структура СУБД должна иметь систему контроля целостности БД от умышленного и неумышленного изменения и контроль подлинности данных в части установления источника данных.

При этом следует учитывать, что данные, которые были изменены, фактически имеют новый источник. Если новый источник неизвес-

---

* Одним из примеров может быть использование Redundant Array of Independent Disks -массивов).

тен (нет ссылки на источник), вопрос об изменении данных не может быть разрешён.

7.4.3 Структура СУБД должна иметь систему контроля ввода данных на логическом уровне, обеспечивающих числовой контроль вводимых данных (значений, дат, координат) и их форматов, а также возможность добавления текстовых и числовых фильтров.

7.4.4 СУБД должна обеспечивать возможность организации БД, которая, в свою очередь обеспечивает непротиворечивость (консистентность) данных в ней.

7.5 Интерфейс системы управления базы данных

7.5.1 Интерфейс СУБД должен быть многооконным, включая главное окно, рабочее окно и окна исходных, преобразованных, расчетных и прогнозных данных. Для визуализации окон рекомендуется использовать форму электронных таблиц и вспомогательные окна, позволяющие выполнять графические построения.

7.5.2 Главное окно интерфейса СУБД должно позволять выполнять поиск и выбор данных в соответствии со структурной иерархией данных.

При этом рекомендуется:

- использование возможностей сортировки по соответствующим признакам;

- размещение растрового или векторного изображения объекта относительно общего положения объекта;

- размещение краткой текстовой и/или табличной характеристики объекта и используемых данных.

7.5.3 Окна исходных, преобразованных и расчетных данных рекомендуется формировать в соответствии с формами ведомостей и графиков, указанных в нормативной документации и в том виде, в котором данные были введены в СУБД.

7.5.4 Рабочее окно интерфейса должно соответствовать процедуре предварительной обработки данных посредством которой выполняется проверка, необходимая коррекция исходных данных и перевод исходных данных в разряд преобразованных.

7.5.5 Рабочее окно интерфейса должно быть оснащено всеми возможностями статистического анализа данных, а также возможностями визуально-аналитических построений, включая построение: диаграмм, точечных и временных графиков, регрессионных моделей основных функций с выделением зон доверительной вероятности, графиков изолиний, профилей и пр.

7.5.6 Доступ к рабочему окну должен быть ограничен до уровня экспертного доступа.

8 Функционал системы управления базы данных

8.1 Математический функционал расчетного модуля

8.1.1 Расчетный модуль является центральным программным звеном, обеспечивающим эффективность использования БД, должен включать систему обработки наблюденных данных для получения искомых параметров, а также должен использовать алгоритмы статистической обработки данных в соответствии с ГОСТ Р 50779.0, ГОСТ Р 50779.10 и ГОСТ Р 50779.90.

Рекомендуемая схема взаимодействия расчетного модуля и данных приведена в приложении В, где показаны логическая структура расчетного модуля, включающего средства для предварительной обработки, для вложенных расчетов и модуль анализа и прогноза данных.

8.1.2 Расчетный модуль должен позволять выполнять:

- простейшие алгебраические функции по отношению к указанному массиву данных в строке (столбце), матричные операции;

- простейшие статистические процедуры, включая определение дисперсии D одноименного ряда значений (строки); определение коэффициенты взаимной корреляции R между строкой (столбцом) в указанном массиве строк (столбцов) данных;

- по выбору линейную, билинейную интерполяцию, кубическую сплайн-интерполяцию, построение сплайнов Акимы;

- сглаживание скользящим средним с указанием числа точек, экспоненциальное сглаживание указанием коэффициентов;

- преобразование не равноотстающих рядов к равноотстающим с использованием (по выбору) алгоритмов интерполяции и сглаживания, с указанием лага и точки начала преобразований;

- построение регрессионных моделей при помощи аппроксимации методом наименьших квадратов с использованием указанного массива данных (строки или столбцы) по указанным основным функциям и определением величины достоверности аппроксимации при помощи коэффициента детерминированности (R^2).

8.1.3 В расчетном модуле должна быть предусмотрена возможность визуализации указанных в 8.1.1 преобразований в виде соответствующих графиков.

8.1.4 Расчетный модуль должен позволять выполнять графические построения, включая:

- точечные графики, временные графики с возможностью построения зон доверительных интервалов и отбраковки отдельных значений;

- построение по заданным координатам масштабированных изображений и схем (по выбору) с отображением при помощи масштабных и внемасштабных условных знаков точек сбора информации;

- перевод координат из системы в систему с использованием координат одноименных точек в различных системах, по известному углу и смещению и определением уравнения ключа передачи;

- трансформации растровых изображений с привязкой к координированным точкам;

- построение карт с изолиниями с помощью кригинга, методами триангуляции и линейной интерполяции, полиномиальной регрессии с заданными типом уравнения, минимальных кривых, ближайшего соседа (по выбору);

- построение профилей по картам изолиниям по заданным линиям.

8.1.5 При работе с мониторинговыми данными должна быть обеспечена возможность расчета скорости изменения временного ряда данных, с возможностью использования рекуррентной кусочно-линейной аппроксимации при помощи метода наименьших квадратов и ограничениями по числу точек (не менее 4), по временному диапазону и уклонениям от аппроксимирующей модели.

8.1.5.1 При расчете скорости одномерного временного ряда, представляющего собой ряды значений и даты их наблюдений в качестве критерия к использованию линейного тренда должна использоваться средняя квадратическая погрешность измерения в пределах диапазона по которому аппроксимируются линейный тренд.

8.1.5.2 При расчете скорости по пространственным данным должны использоваться координаты точек измерений которым присваиваются значения скоростей, полученных для каждой точки; строятся изолинии скоростей, которые и являются показателями скорости пространственных данных.

8.1.6 При работе с многомерными данными должна быть обеспечена возможность использования методов кластерного и факторного анализов и метода главных компонент.

8.2 Требования к контролю исходных данных и преобразованиям

8.2.1 СУБД должна поддерживать процедуру предварительной обработки рядов данных, являющейся обязательной для всех видов и типов измерительных баз данных, целью которой является обеспечение контроля данных от грубых ошибок, систематических ошибок, ошибок введения и прочих ошибок на основе статистического анализа качества и достоверности данных.

8.2.2 Вводимые исходные данные должны контролироваться на предмет их достоверности. Оценка достоверности исходных рядов данных, выполняется по уклонениям взаимной регрессии пары рядов измерений от линейной (в подавляющем большинстве случаев) модели регрессии.

При этом следует учитывать, что:

- если взаимный график соседних (по пространственному положению) пары рядов является прямой, то измерения однородны и принадлежат одному и тому же объекту или процессу в пределах точности их измерений;

- если взаимный график соседней (по пространственному положению) пары рядов измерений отличается от прямой за пределами, определяемыми точностью их измерений, то анализируемые ряды неоднородны и не принадлежат одному и тому же объекту или процессу.

Рекомендуемая схема предварительной обработки данных приведена в приложении Г, где определена структурно-логическая схема предварительной обработки с использованием метода панельных функций.

8.2.3 Критерием к оценке достоверности измерения должен быть коэффициент детерминированности (R^2) при котором сравниваются фактические значения y и значения, получаемые из уравнения прямой. При этом:

- если коэффициент детерминированности равен 1, то имеет место полная корреляция с моделью, т.е. различий между фактическим и оценочным значениями нет;

- если коэффициент детерминированности равен 0, то анализируемая пара рядов измерений относится к различным объектам.

Коэффициент детерминированности (R^2) вычисляется по формуле (1):

$$R^2 = 1 - \frac{\hat{\sigma}^2}{\hat{\sigma}_y^2} = 1 - \frac{SS_{res}}{SS_{tot}}, \qquad (1)$$

где $\hat{\sigma}^2$- квадрат дисперсии ряда измерений;

$SS_{res} = \sum_{t=1}^{n}(y_t - \hat{y}_t)^2$ – сумма квадратов остатков регрессии, y_t и $\hat{y}_t$ фактические и расчётные значения одного из анализируемых рядов;

$SS_{tot} = \sum_{t=1}^{n}(y_t - \bar{y}_t)^2 = n\hat{\sigma}_y^2$ – общая сумма квадратов уклонений от прямой.

8.2.4 Процедура оценки достоверности исходных данных должна предусматривать оценку предельно-допустимой погрешности по величине ожидаемой наблюдаемой величины по формуле (2):

$$M_X = \frac{X}{2K_P}, \qquad (2)$$

где X – ожидаемая (проектная или расчётная) величина;

k_p – коэффициент (Стьюдента), зависящий от уровня принятой вероятности P и числа степеней свободы (количества измерений).

Для приближенных вычислений допускается использование формулы $M_X = 0{,}2\ X$.

8.2.5 Анализ достоверности исходных данных (предварительная обработка данных) может выполняться:

- по исходным данным $\{X_0, X_1, \ldots, X_{t-1}, X_t\}$, где X_i – наблюдённая величина;

- по межцикловым разностям $\{\Delta X_{i,\ i-1} = X_i - X_{i-1}\}$;

- по прямым и обратным суммарным разностям $\{\Delta\vec{X}_i = X_i - X_0\}$ и $\{\Delta\overleftarrow{X}_i = X_0 - X_i\}$.

8.2.6 В процессе предварительной обработки должны быть определены даты исходного цикла измерений.

Если ряды измерений имеют различные по дате начальные циклы измерений, то для каждого наблюдаемого объекта выбирается

один единый для всех исходный цикл измерений. При этом критерием к выбору исходной даты может служить количество одновременно выполненных измерений, погрешности экстраполяции назад.

8.3 Требования к вложенным расчетам

8.3.1 Под вложенными расчетами понимаются расчеты по преобразованию наблюденных данных к виду наблюдаемых параметров. Алгоритмы всех вложенных расчетов должны быть документированы и ссылаться на нормативные источники. При необходимости или отсутствии ссылочной информации, расчетные алгоритмы должны быть показаны в виде текста и показаны в библиотеке шаблонов.

8.3.2 Вложенные расчёты по приведению наблюдённых (преобразованных) значений к искомому виду должны выполняться в соответствии с использующимися нормативными методическими документами. Все расчеты выполняются по физическому массиву преобразованных данных с возможностью экспорта метаданных.

8.3.3 Вложенные расчеты должны быть ориентированы на использование табличных (ведомости, таблицы и пр.) и графических (диаграммы, профили, картограммы и пр.) шаблонов, приведённых в нормативной методической литературе с учётом конкретных ссылок на методику расчётов.

8.3.4 Алгоритмы вложенных расчетов должны иметь возможность изменения расчётов (при экспертном доступе) в соответствии с действующими нормативными документами. Изменение методики расчётов должно быть зафиксировано в протоколе изменений в виде ссылки на нормативный или иной документ.

8.3.5 Изменения расчетного алгоритма на уровне изменения констант, должны выполняться специалистами экспертного профиля. Коренное изменение расчетного алгоритма или написание нового кода выполняются с привлечением администратора (программиста) и соответствующих специалистов, обслуживающих СУБД.

8.4 Общая структура модуля статистического моделирования

8.4.1 Организация модуля статистического моделирования должна обеспечить выполнение статистического анализа и прогноза любого временного ряда, включая временные ряды исходных, преобразованных и расчетных данных.

Схема анализа временного ряда при составлении прогнозной модели приведена в приложении Д в форме схемы анализа временного ряда при составлении прогнозной модели.

8.4.2 Общая структура анализа временных рядов и статистического моделирования включает в себя процедуры:

- приведения неравноотстающего ряда к равноотстающему одним из приведённых далее методов интерполяции;

- сглаживания одним из далее приведённых способов и, как результат - отыскание тренда, параметров сезонности и оценки уровня случайного шума;

- прогнозирования одним из выбранных методов (как наиболее эффективный - рекомендуется SSA.

8.4.3 Приведение результатов наблюдений к искомому виду выполняется до проведения процедуры статистического моделирования.

8.4.3.1 Если наблюдённые значения впрямую используются для анализа наблюдаемых процессов, то наблюдённые данные после предварительной обработки называются расчётными (искомыми) данными.

8.4.3.2 Если наблюдённые значения должны быть приведены к искомому виду для анализа наблюдаемых процессов, то расчётными (искомыми) данными они являются после процедуры приведения.

8.4.4 СУБД должна предусматривать статистические процедуры для идентификации временного ряда, его анализа и прогнозирования.

8.4.5 Для приведения неравноотстающего временного ряда к равноотстающему СУБД должна поддерживать линейную и нелинейную интерполяцию ряда, включая кубическую и бикубическую сплайн-интерполяцию, сплайны Акимы, что необходимо для последующей идентификации временного ряда.

8.4.6 Для идентификации временного ряда (выделения тренда и сезонных компонент) в зависимости от размерности, типа и характеристики равноотстающих временных рядов, СУБД должна иметь возможности:

- сглаживания скользящим средним и авторегрессионным скользящим средним (Метод скользящего среднего приведен в приложении Ж);

- экспоненциального сглаживания, приведенного в приложении И, с использованием методов:

1) Хольта - с расчётом линейного тренда без учёта сезонной компоненты, который используется для прогнозирования временных рядов, когда есть тенденция к росту или падению значений временного ряда, а также для рядов, когда данные есть не за полный цикл, и

сезонная компонента не доступна (например, за неполный год для прогноза по месяцам). Модель Хольта показана в приложении К;

2) Хольта-Уинтерса и Тейла-Вейджа – для прогнозирования временных рядов, когда в структуре данных есть сложившийся мультипликативный линейный тренд и сезонная компонента. Модель Хольта-Уинтерса показана в приложении Л;

3) SSA (Singular spectrum analysis или Анализ сингулярного спектра) – наиболее предпочтительного метода, основанного на преобразовании одномерного временного ряда в многомерный ряд с последующим применением к полученному многомерному временному ряду метода главных компонент. Общее описание Метода SSA – Анализ сингулярных спектров дано в приложении М.

8.5 Требования к шаблонам

8.5.1 Конструирование шаблонов должно выполняться с использованием специализированных редакторов шаблонов.

8.5.2 Конструирование шаблонов, включая разработку текста, создание табличных форм и графических макетов должно выполняться на уровне экспертного профиля и основано на ссылочной информации, связанной с местоположением указанных значений пользовательского интерфейса, соответствующих массивов данных (исходных, преобразованных, расчетных или прогнозных).

8.5.3 Все разработанные шаблоны сохраняются в отдельно созданной папке (директории) с указанием направления, раздела, типа шаблона (текст, таблица, графика, карта) и его названия.

8.5.4 Хранящиеся текстовые шаблоны должны:

- иметь уникальное имя;

- иметь возможность редактирования в формате приложения или при помощи приложения, используемого для вывода: для текстовых шаблонов - doc, docx; для табличных шаблонов, включая графики, диаграммы – xls, xlsx; для графических векторных отображений поверхности – grd, srf; для картографических изображений, введённых и отредактированных в формате – dxf; при копировании изображений из среды СУБД – pngb или jpg.

8.5.5 Разработка шаблонов и макетов выполняется с использованием нормативных документов и ссылок на них.

Приложение А

(рекомендуемое)

Структурная схема базы данных и системы ее обработки

Структурная схема базы данных и системы ее обработки приведена на рисунке А.1.

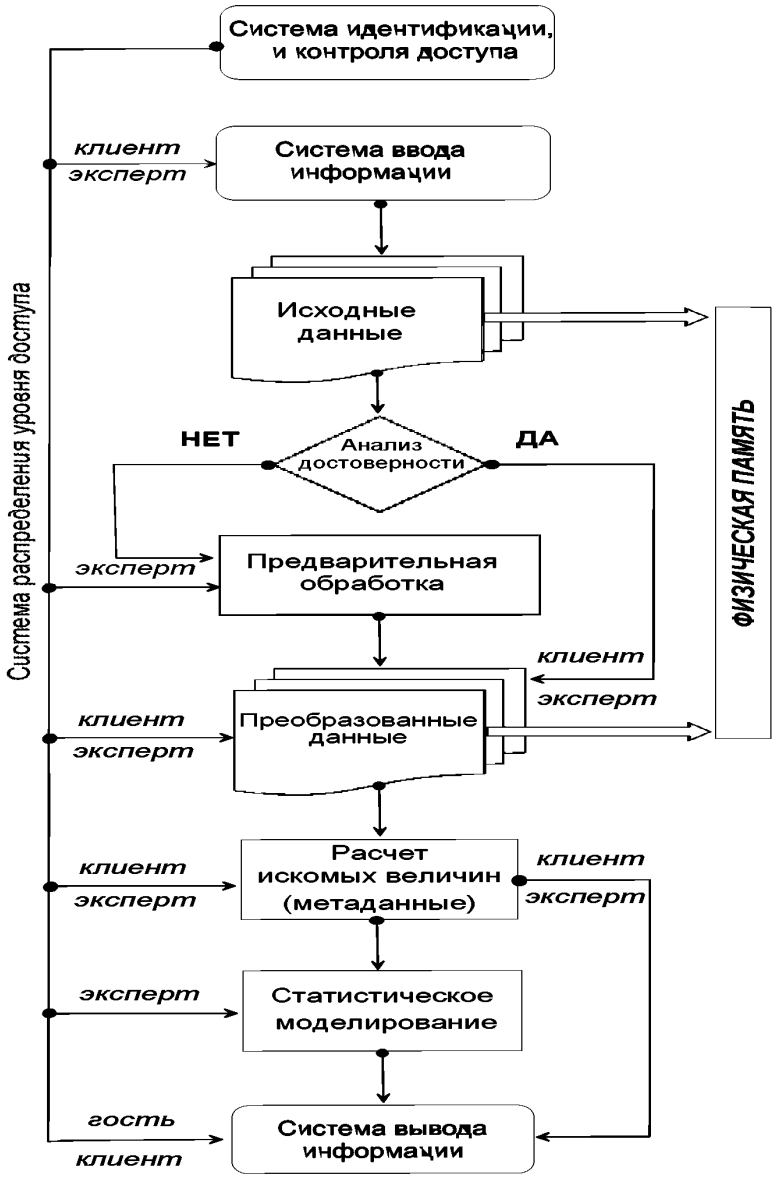

Рисунок А.1.

Приложение Б

(рекомендуемое)

Структурно-логическая схема данных в БД

Структурно-логическая схема данных в БД:

1) по способу хранения в информационной системе приведена на рисунке Б.1.

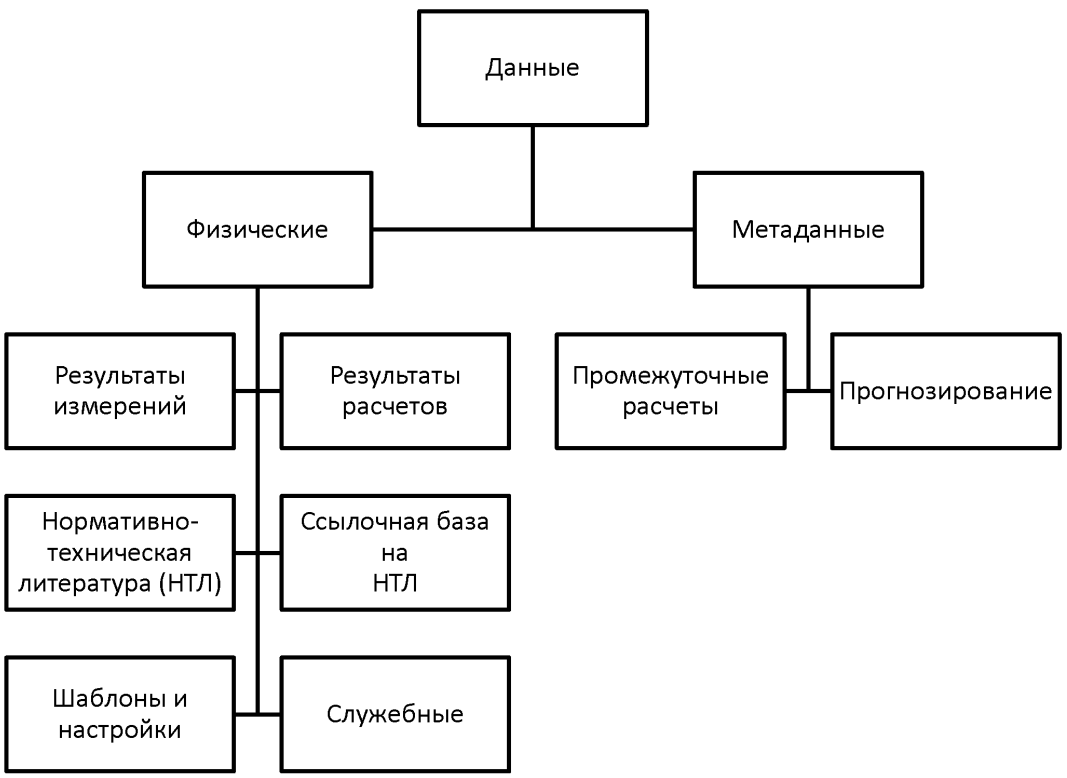

Рисунок Б.1.

2) по функциональной принадлежности приведена на рисунке Б.2.

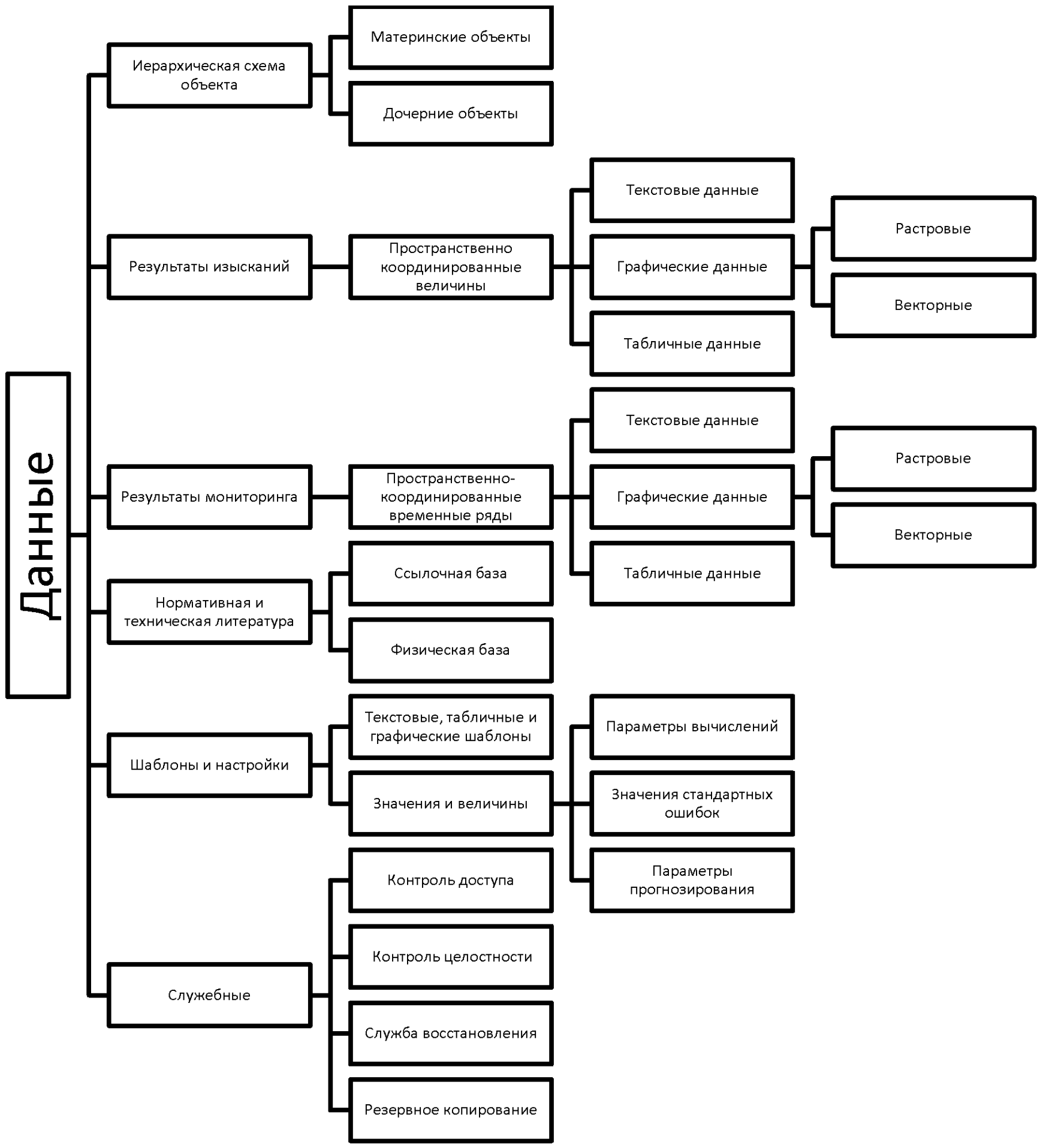

Рисунок Б.2.

3) по наполнению приведена на рисунке Б.3.

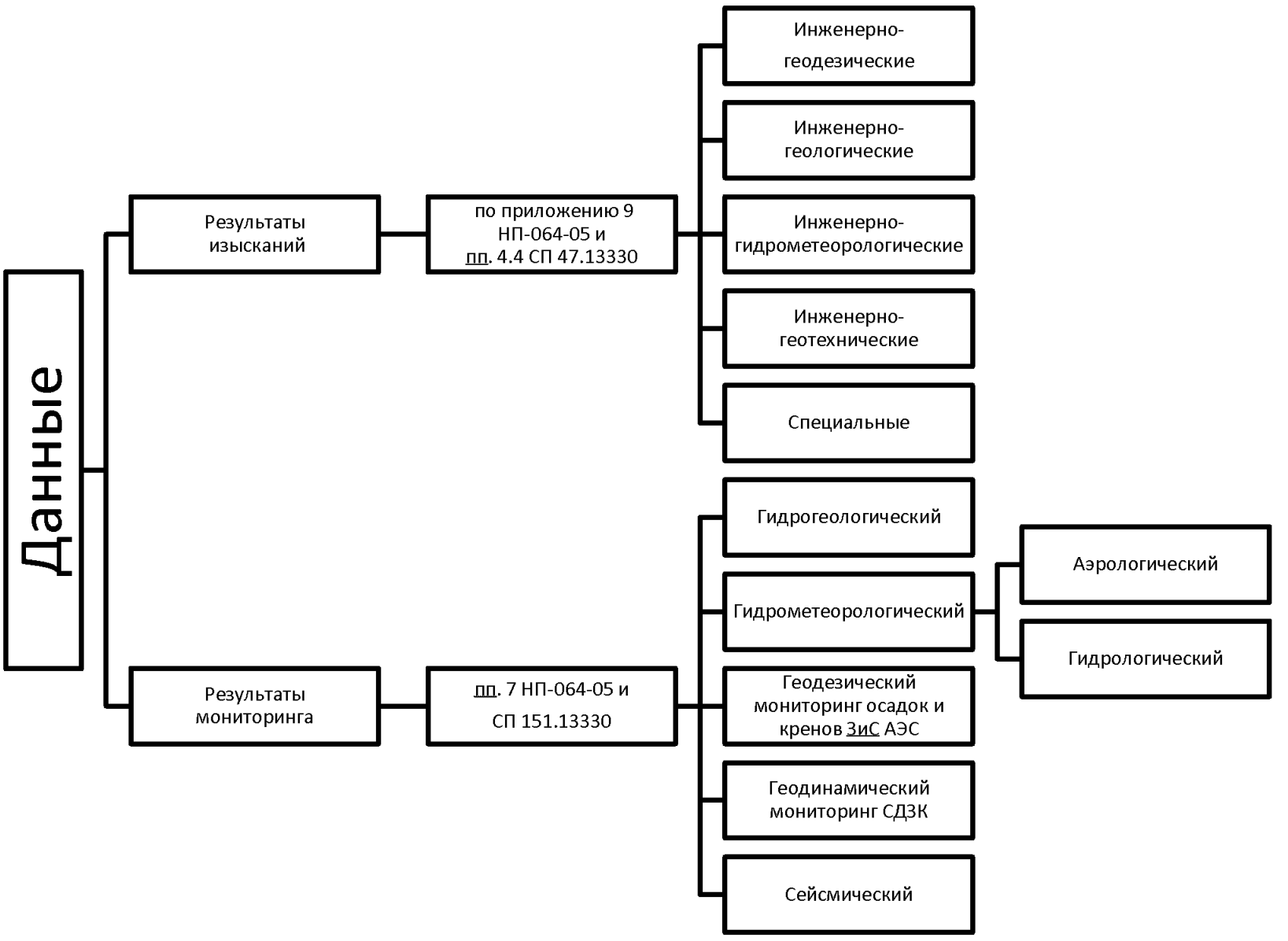

Рисунок Б.3.

Приложение В

(рекомендуемое)

Схема взаимодействия расчетного модуля и данных

Схема предварительной обработки приведена на рисунке В.1.

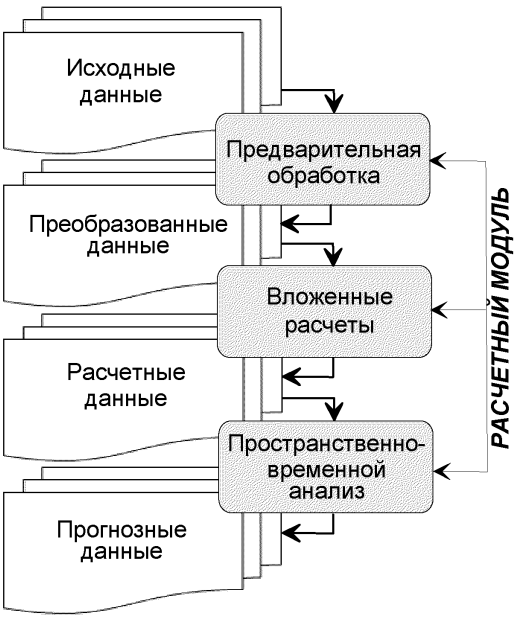

Рисунок В.1.

Приложение Г

(рекомендуемое)

Схема предварительной обработки

Схема предварительной обработки* приведена на рисунке Г.1.

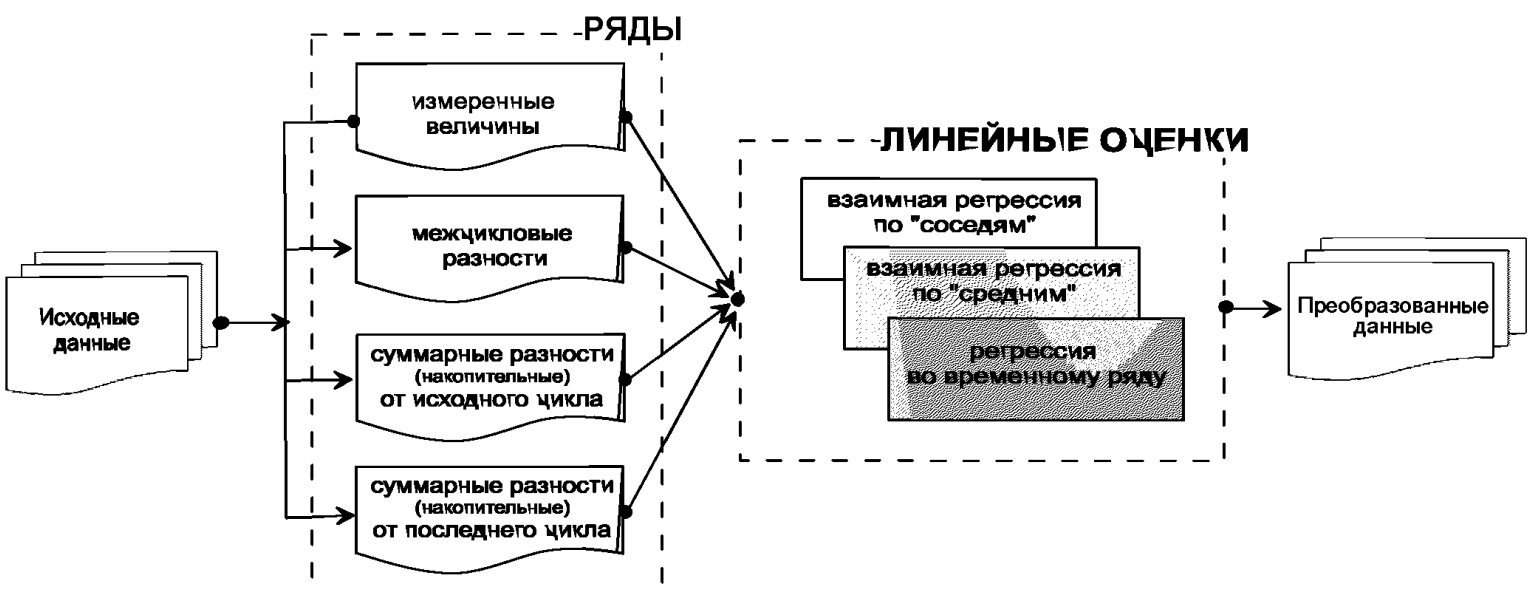

Рисунок Г.1.

Приложение Д

(справочное)

Схема анализа временного ряда при составлении прогнозной модели

Схема анализа временного ряда при составлении прогнозной модели* приведена на рисунке Д.1.

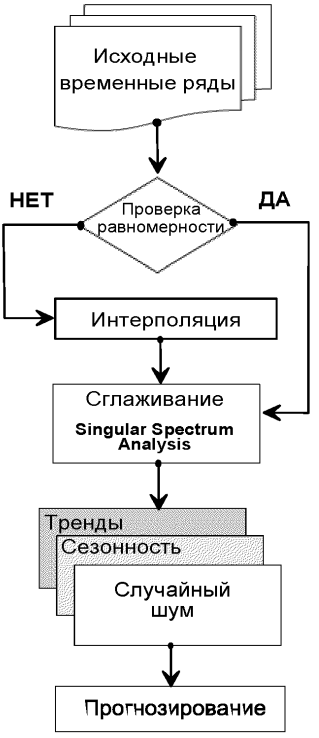

Рисунок Д.1.

..

Приложение Ж

(справочное)

Метод скользящего среднего

Принцип сглаживания на основе *«скользящего среднего»** (ma_j — от англ. «moving average») состоит в расчете для каждого значения аргумента y_i среднего значения по соседним w данным.

$$ma_j = \frac{\sum_{i=j-\frac{w}{2}}^{j+\frac{w}{2}-1} y_i}{w} \qquad (Ж.1)$$

Число w называют *окном* скользящего усреднения: чем оно больше, тем больше данных участвуют в расчете среднего, соответственно, тем более гладкая кривая получается.

Приложение И
(справочное)
Экспоненциальное сглаживание

Экспоненциальное сглаживание* является одним из наиболее распространенных приемов, используемых для сглаживания временных рядов и прогнозирования. В основе процедуры сглаживания лежит расчёт экспоненциальных скользящих средних сглаживаемого ряда.

Процедура простого экспоненциального сглаживания осуществляется по следующим формулам:

$$S_1 = X_0 \quad (И.1)$$

$$S_t = \alpha \cdot X_{t-1} + (1 - \alpha) \cdot S_{t-1} \quad (И.2)$$

где:

X_{t-1}- фактическое наблюдение в момент t-1;

S_t- значение экспоненциального среднего в момент t;

α - параметр сглаживания, α = const, α принимается от 0 до 1.

Экспоненциальное среднее в момент *t* здесь выражено как взвешенная сумма текущего наблюдения и экспоненциального среднего прошлого наблюдения с весами *α* и (1 - *α*) соответственно.

Параметр сглаживания *α* является взвешивающим фактором.

В случае, если *α* близко к единице, то в прогнозе существенно учитывается величина ошибки последнего прогнозирования. При малых значениях *α*прогнозируемая величина близка к предыдущему прогнозу.

Приложение К
(справочное)
Модель Хольта

В этой модели учитывается локальный линейный тренд, имеющийся во временных рядах. Если во временных рядах есть тенденция к росту, то вместе с оценкой текущего уровня необходима и оценка наклона. В методике Хольта* значения уровня и наклона сглаживаются непосредственно путем использования различных постоянных для каждого из параметров. Постоянные сглаживания позволяют оценить текущий уровень и наклон, уточняя их всякий раз при появлении новых наблюдений.

В методе Хольта используются три расчетных формулы:

Экспоненциально сглаженный ряд (оценка текущего уровня)

$$L_t = \alpha y_t + (1-\alpha)(L_{t-1} - T_{t-1}). \quad \text{(К.1)}$$

Оценка тренда

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1+\beta)T_{t-1} \quad \text{(К.2)}$$

Прогноз на p периодов вперед

$$\hat{y}_t = L_t + pT_t, \quad \text{(К.3)}$$

где α, β — постоянные сглаживания из интервала [0,1].

Уравнение (К.2) похоже на уравнение (И.2) для простого экспоненциального сглаживания за исключением члена, учитывающего тренд. Постоянная β нужна для сглаживания оценки тренда. В уравнении прогноза (К.3) оценка тренда умножается на число периодов p, на которое строится прогноз, а затем это произведение складывается с текущим уровнем сглаженных данных. Постоянные α и β выбираются субъективно или путем минимизации ошибки прогнозирования. Чем большие значения весов будут взяты, тем более быстрый отклик на происходящие изменения будет иметь место и большему сглаживанию подвергаются данные. Меньшие веса делают структуру сглаженных значений менее ровной.

На рис. К.1 приведен пример сглаживания ряда по методу Хольта при значениях α и β, равных 0,1.

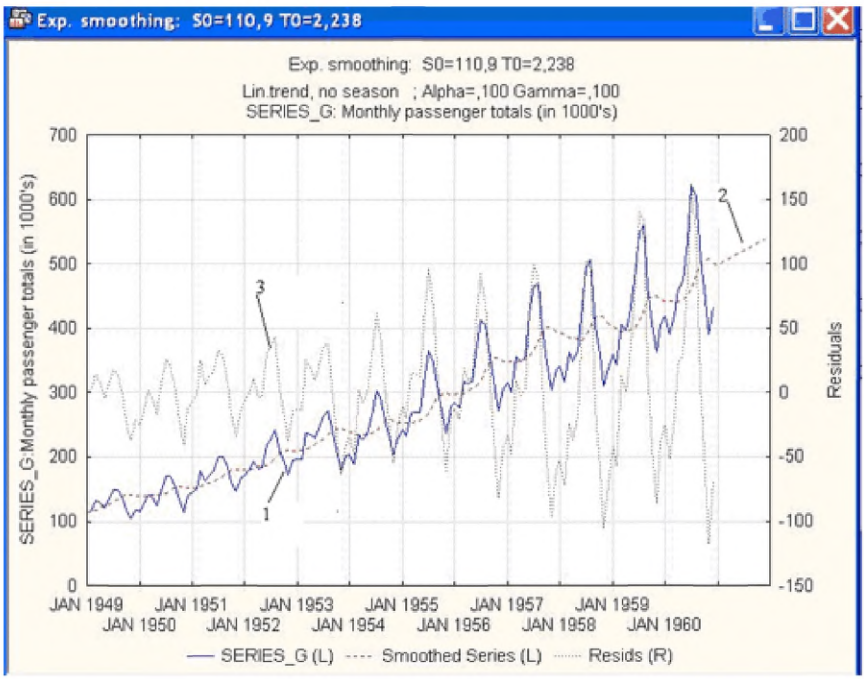

Рисунок К.1. Результат сглаживания по методу Хольта

при $\alpha = 0,1$ и $\beta = 0,1$ (1- исходный ряд; 2 — сглаженный ряд; 3 — остатки)

Приложение Л

(справочное)

Модель Хольта-Уинтерса

При наличии в структуре данных сезонных колебаний для уменьшения ошибок прогнозирования используется трехпараметрическая модель экспоненциального сглаживания, предложенная Уинтерсом. Этот подход является расширением предыдущей модели Хольта. Для учета сезонных вариаций здесь применяется дополнительное уравнение, и полностью этот метод описывается четырьмя уравнениями:

Экспоненциально сглаженный ряд

$$L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1-\alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}). \qquad (Л.1)$$

Оценка тренда

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1}. \qquad (Л.2)$$

Оценка сезонности

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1-\gamma)S_{t-s} \qquad (Л.3)$$

.

Прогноз на *p* периодов вперед

$$\hat{y}_{t+p} = (L_t + pT_t)S_{t-s+p}, \qquad (Л.4)$$

где α, β, γ — постоянные сглаживания для уровня, тренда и сезонности, соответственно; *s* - длительность периода сезонного колебания.

Уравнение (Л.1) корректирует сглаженные ряды. В этом уравнении член Y_t / S_{t-s} учитывает сезонность в исходных данных. После учета сезонности и тренда в уравнениях (Л.2), (Л.3) оценки сглаживаются, а в уравнении (Л.4) делается прогноз.

Так же, как и в предыдущем способе, веса α, β, γ могут выбираться субъективно или путем минимизации ошибки прогнозирования. Перед применением уравнения (Л.4) необходимо определить начальные значения для сглаженного ряда L_t, тренда T_t, коэффициентов сезонности S_t. Обычно начальное значение

сглаженного ряда принимается равным первому наблюдению, тогда тренд равен нулю, а коэффициенты сезонности устанавливаются равными единице.

На рис. Л.1 показан пример сглаживания ряда по методу Уинтерса.

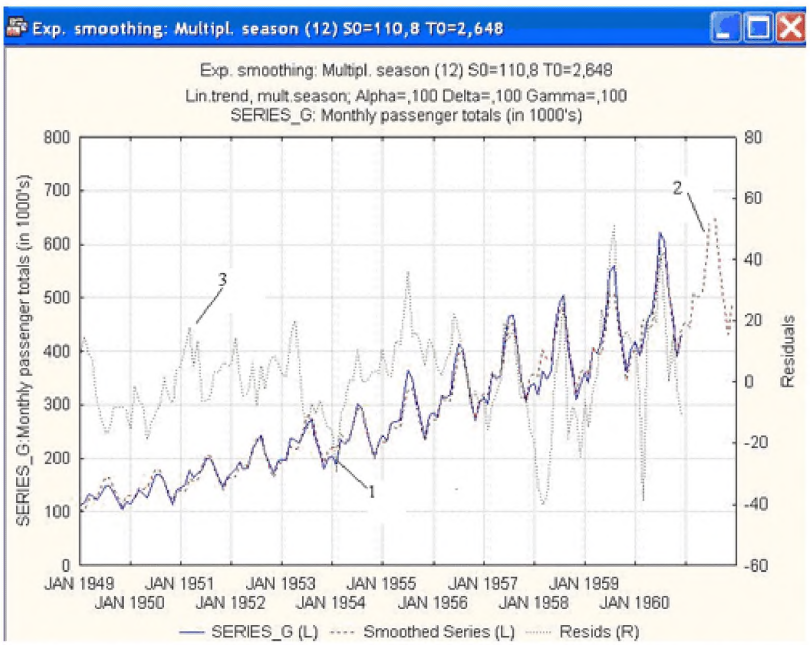

Рисунок Л.1. Результат сглаживания по методу Хольта-Уинтерса*

при $\alpha = 0,1; \beta = 0,1; \gamma = 0,1$ (1- исходный ряд; 2 — сглаженный ряд; 3 — остатки)

Приложение М

(справочное)

Метод SSA – Анализ сингулярных спектров

Метод SSA (Singular spectrum analysis или Анализ сингулярного спектра*) — метод анализа временных рядов, основанный на преобразовании одномерного временного ряда в многомерный ряд с последующим применением к полученному многомерному временному ряду метода главных компонент.

Способ преобразования одномерного ряда в многомерный представляет собой «свёртку» временного ряда в матрицу, содержащую фрагменты временного ряда, полученные с некоторым сдвигом. Общий вид сдвиговой процедуры напоминает «гусеницу», поэтому сам метод нередко так и называют — «Гусеница»: длина фрагмента называется длиной «гусеницы», а величина сдвига одного фрагмента относительно другого – шагом «гусеницы». Обычно используется шаг 1.

SSA сочетает в себе элементы классического анализа временных рядов, многомерной статистики, многомерной геометрии, динамических системи обработки сигналов.

Выделяют два главных направления использования SSA:

1) в качестве универсального метода для решения задач общего назначения, таких как выделение тренда, обнаружение периодичностей, корректировка на сезонность, сглаживание, подавление шума;

2) для спектрального анализа стационарных временных рядов, имеющих большое число приложений в тех областях, где такие ряды наблюдаются, в частности, в геостатистике, климатологии и пр.

В практических приложениях используются различные модификации SSA.

Библиография

[1] Федеральный закон от 27 июля 2006 г. №149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации»

[2] Дополнительные требования к программам для электронных вычислительных машин и базам данных, сведения о которых включены в реестр российского программного обеспечения, утвержденные постановлением Правительства Российской Федерации от 23 марта 2017 года № 325

[3] Перечень видов инженерных изысканий, утвержденный постановлением Правительства Российской Федерации от 19 января 2006 г. №20

[4] Федеральный закон от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации»

[5] Метрологические требования к измерениям, эталонам единиц величин, стандартным образцам, средствам измерений, их составным частям, программному обеспечению, методикам (методам) измерений, применяемым в области использования атомной энергии, утвержденные приказом Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» от 31 октября 2013 г. № 1/10-НПА

Ключевые слова: атомная станция, база данных, природные условия, площадка размещения

Руководитель организации-
разработчика ООО «ЦТКАО»

Технический Директор		_____ (личная подпись)	С.М. Малинин (инициалы, фамилия)
Исполнитель	гл. специалист (должность)	_____ (личная подпись)	Б.К. Гуляев (инициалы, фамилия)

gost.e-ecolog.ru