

## **Системный подход к определению структуры и выявлению функций создаваемой системы**

Системный подход составляет основу современной методологии исследования сложных объектов с учетом составляющих их элементов и связей между ними. Эффективность системного подхода определяется структурой решаемых проблем.

Создаваемая информационная система анализа и прогнозирования ОЯП представляет реальный материальный объект, структура которого содержит несколько уровней иерархии (содержит функционально разнотипные системы, структурно взаимосвязанные иерархической подчиненностью и функционально объединенные для достижения заданной цели – точного и достоверного прогноза ОЯП – в заданных условиях).

Для разработки системы использованы принципы и алгоритмы системного анализа. Система относится к классу целеустремленных, так как имеет свойство воспринимать условия окружающей среды, а также гибко и динамично адаптировать цели и потребности в складывающихся ситуациях.

Система относится к открытым системам, поскольку предполагает обмен информацией с внешней средой.

### **1 Целевой анализ системы**

Целевой анализ применяется с целью выявления частичных целей поведения сложной системы для поставленной перед ней главной целью. Цель системы – анализ и прогноз ОЯП – выявляет частичные цели, отраженные на рисунке 1.

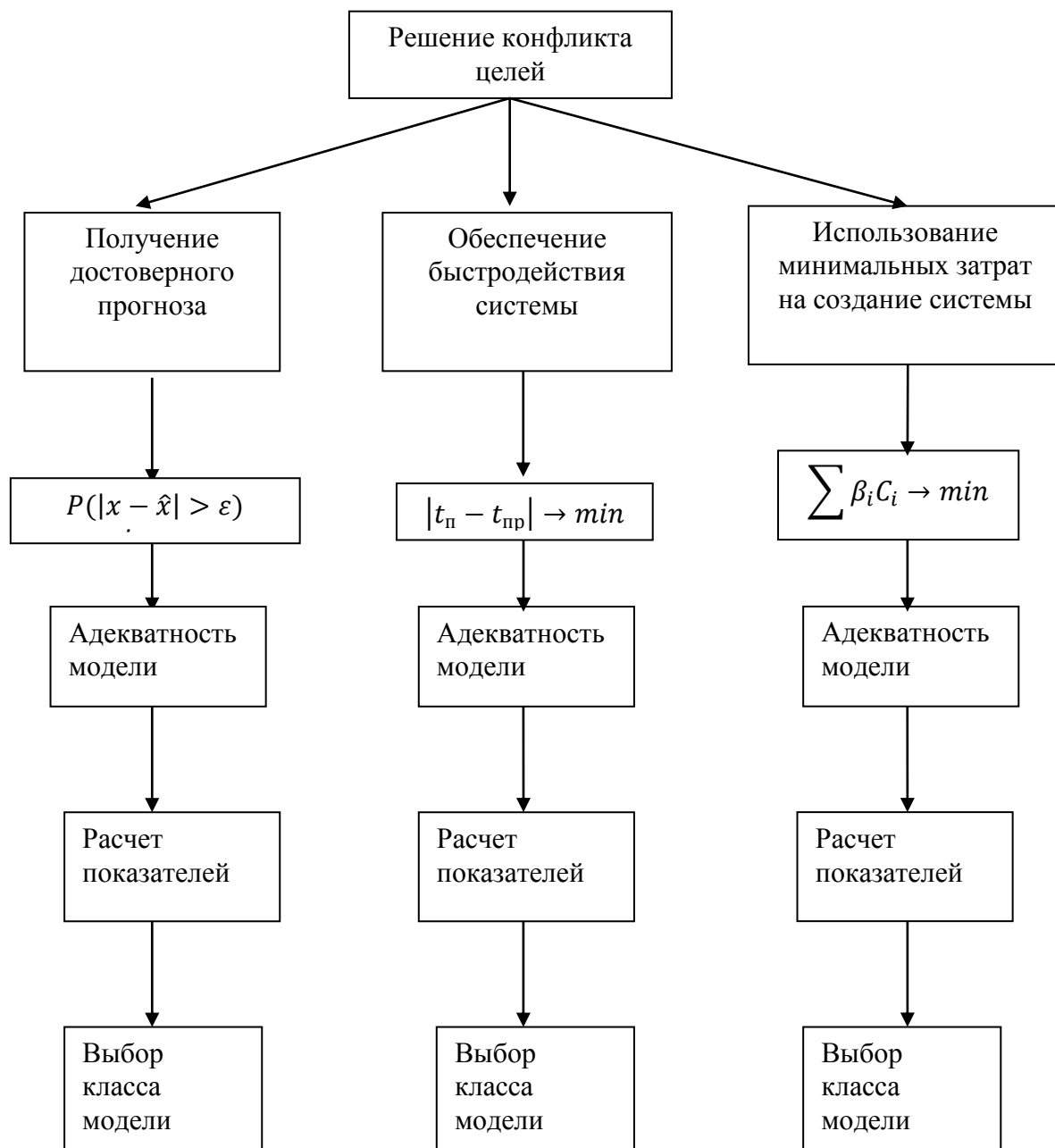


Рисунок 1 – Декомпозиция множества целей системы

Создаваемая система должна оперативно выдавать достоверный прогноз при минимальных затратах на проектирование. Для осуществления бесконфликтной реализации системы необходимо достижение каждой из поставленных противоречивых целей, описанных выражениями:

$$P(|x - \hat{x}| > \varepsilon) \rightarrow \min \quad (1)$$

- вероятность получения наиболее точного прогноза;

$$|t_{\pi} - t_{\text{пр}}| \rightarrow \min \quad (2)$$

- сокращение временного интервала между моментом поступления наблюдения за объектом и получения требуемого прогноза;

$$\sum \beta_i C_i \rightarrow \min \quad (3)$$

- сокращение затрат на создание системы.

Количественные показатели, определяющие степень и уровень достижения общей цели системы и локальных целей элементов, приведены в таблице 1.

Таблица 1- Количественные показатели, определяющие степень и уровень достижения общей цели системы и локальных целей элементов

Уровни	Цели системы	Интервалы изменений целевых показателей
0	Получение максимально достоверного прогноза	60-70%
1	Использование минимальных затрат на построение системы	8000-8500 грн.
2	Обеспечение высокого быстродействия системы	1 – 15 мин.

Достижение всех поставленных целей должно осуществляться бесконфликтно:

$$\begin{cases} P(|x - \hat{x}| > \varepsilon) \rightarrow \min \\ F = |t_{\pi} - t_{\text{пр}}| \rightarrow \min \\ \sum \beta_i C_i \rightarrow \min \end{cases} \quad (4)$$

Это возможно в том случае, когда характеристики целей выражены безразмерными величинами, то есть в относительных показателях. Если все показатели целей в равной степени важны, тогда коэффициенты равны:  $\alpha_1 = 0,33$ ,  $\alpha_2 = 0,33$ ,  $\alpha_3 = 0,3$ . Согласие трех целей может быть достигнуто методом линейной свертки.

Суть метода линейной свертки состоит в том, что вместо  $m$  заданных целей, описанных функциями  $f_i(x)$ ,  $i = \overline{1, m}$ ,  $m=3$ , отраженных выражениями (1)-(3), вводят одну обобщенную цель, описанную функцией вида:

$$F(x) = \sum_{i=1}^m c_i f_i(x), \quad (5)$$

где  $c_i, i = \overline{1, m}, m=3$ , - коэффициенты важности выходных целей, которые, как правило, выбираются экспертами. Предполагают, что коэффициенты  $c_i$  нормированы. Обычно применяют нормирование в форме:

$$\sum_{i=1}^m c_i = 1. \quad (6)$$

Свертка (5) позволяет раскрыть неопределенность целей, существующую в многоцелевой задаче оптимизации  $f_i(x) \rightarrow \min, i = \overline{1, m}, m=3$ , сведением к одноцелевой стандартной задаче математического программирования  $F(x) \rightarrow \min$ , в том числе, при наличии ограничений, обусловленных выходными данными.

## 2 Ситуационный анализ системы

Ситуационный анализ – используется для выявления ситуаций и их характеристик, которые определяют основные условия функционирования системы.

Штатные ситуации - это ситуации, при которых функциональные характеристики среды, целевые показатели системы – максимально достоверный прогноз и высокое быстроедействие находятся в заранее определенных интервалах. Достоверность прогноза должна стремиться к максимальной точности 99%, но из-за отсутствия необходимого профессионального оборудования, экономической обстановки в стране, нехватки высококвалифицированного персонала, система работает в штатной ситуации с точностью 60-70%. Быстроедействие системы составляет 1-5 минут.

Внештатные ситуации - это ситуации, при которых целевой показатель максимально достоверного прогноза или целевой показатель высокого быстроедействия выходят из допустимых интервалов, но не создают условий полного нарушения функционирования системы. Во внештатной ситуации лишь один показатель выходит из заданного интервала. Если точность прогноза будет составлять меньше 50%, это приведет к внештатной ситуации. Но если же задержка данных будет более 30 минут, то достоверность прогноза может снизиться до 0%. Таким образом, превышение количественной характеристики быстроедействия системы может сразу привести к критической ситуации.

Критические ситуации - это ситуации, при которых оба целевых показателя системы или функциональных характеристик среды выходят из допустимых интервалов и создают условия для такого нарушения функционирования системы, которое ведет к частичному или полному ее разрушению. Для данной системы критические показатели достоверности прогноза составляют менее 50% и быстродействия системы более 30 минут. Также критическую ситуацию могут вызывать разрушительные стихийные проявления возможные для Севастопольского района - землетрясения, цунами, смерчи, штормы.

При возникновении внештатной или критической ситуации система может перестать функционировать, но это не повлияет на окружающую среду.

Таблица 2 - Количественные характеристики штатных, нештатных и критических ситуаций

Цели системы	Количественные характеристики штатных ситуаций	Количественные характеристики внештатных ситуаций	Количественные характеристики критических ситуаций
Получение максимально достоверного прогноза	50-70%	>50%	>50%
Обеспечение высокого быстродействия системы	1 – 5 мин.	>30 мин.	>30 мин.

Рассмотрим взаимосвязи штатной и внештатной ситуаций, а так же эволюцию развития внештатной ситуации. Учитывая, что основой функционирования сложной системы есть штатный режим, он берется как исходное состояние, а компоненты внештатного режима изображены на рисунке 2 в порядке их возможного перехода в аварию или катастрофу.

Для Севастопольского района основными нарушениями показателей окружающей среды, могут быть разрушительные стихийные проявления. Особо опасными для данного района являются землетрясения, цунами, смерчи и штормы.

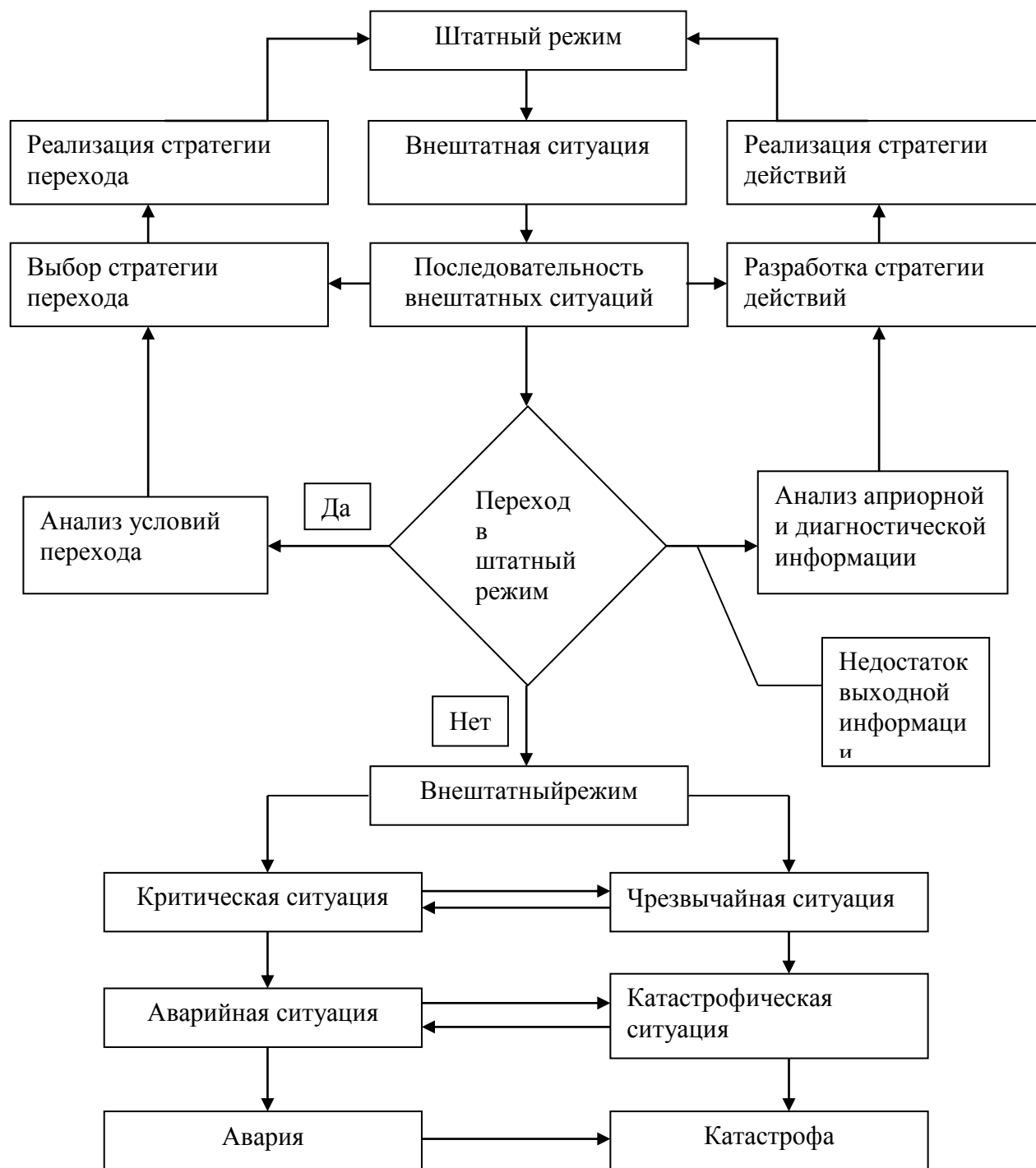


Рисунок.2 – Структурная схема взаимосвязей и взаимозависимостей компонентов внештатного режима

Причинами, способными вызвать внештатный и критический режимы для данной системы, являются различные внешние факторы нарушающие работу системы:

- разрушительные стихийные проявления, нарушающие работу внешних сенсоров (землетрясения, цунами, смерчи, штормы);
- выход из строя одного или ряда внешних сенсоров;
- отключение электричества;
- выход из строя линий системы-передачи данных.

### 3 Информационный анализ системы

Задачами информационного анализа является обеспечение необходимого и технологически возможного уровня информационного обеспечения, а так же создание методологического и математического инструментария для достижения поставленных целей.

Гидрометеорологическая информация, используемая в системе, делится на оперативную и режимную. Оперативная информация поступает с наблюдательных пунктов в кратчайшие сроки и сразу же используется в прогностической работе. Режимная информация накапливается в архивах и используется для расчета всевозможных многолетних характеристик, а так же для работы и верификации прогностических систем. Условно схема движения гидрометеорологических данных представлена на рисунке 3

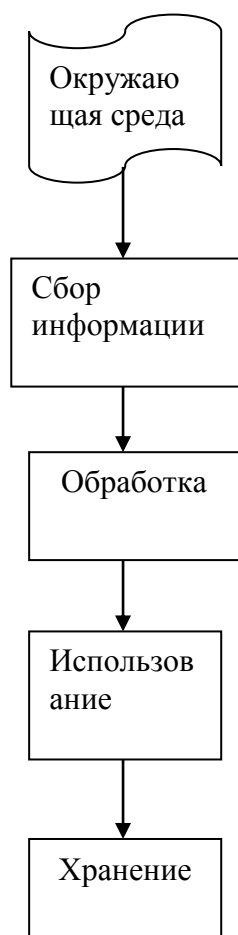


Рисунок 3 – Схема движения гидрометеорологических данных.

Во время работы в редких случаях система может принимать не точные исходные данные. Их точность зависит от ошибок измерительных приборов, ошибок метода измерений, ошибок интерполяции или осреднения во времени или пространстве. Ошибки в данные могут быть так же внесены в процессе ввода информации, обработки или хранения. Таким образом, в редких случаях будет иметь место ошибка репрезентативности. Ошибки репрезентативности характерны только для выборочного наблюдения и возникают в результате того, что выборочная совокупность не полностью воспроизводит генеральную. Они определяются как расхождение между значениями показателей, полученных по выборке, и значениями показателей этих же величин, которые были бы получены при проведенном сплошном наблюдении с одинаковой степенью точности.

Ошибка репрезентативности в разрабатываемой системе будет описываться двумя составляющими. К первой составляющей относиться выборка определенного количества параметров из общей группы, представленных измерений. Второй составляющей является оценка ошибки при выборке определенного количества записей из общего числа, находящихся в базе данных. Рассмотрим каждую составляющую более подробно.

При попытке прогнозирования таких опасных явлений как смерч или шторм, необходимо отслеживать только некоторые величины измерений. Для смерча характерны измерения скорости ветра, температуры воздуха, а так же давления, а для шторма – изменение скорости ветра, скорости течения и температуры. Как видно из списка параметров характеризующие ОЯП скорость ветра и температура воздуха являются общими параметрами для обоих явлений. Диапазоны изменений величин данных гидрометеорологических параметров почти совпадают для двух различных ОЯП. Поэтому можно сделать вывод, что для различия и возможности прогнозирования смерчей и штормов, нужны не относящиеся к двум ОЯП одновременно гидрометеорологические параметры. Таким параметром для смерча является резкое снижение атмосферного давления, а для шторма – резкое увеличение скорости течения. Благодаря этим параметрам, при выборке групп значений определенных величин можно



говорить о правильности репрезентативности данных, т.е. об однозначном представлении конкретного явления по определенной группе параметров.

Второй составляющей ошибки репрезентативности данных является численная характеристика, которая отображает, насколько точно выборка диапазона записей из общей группы, отражают действительную ситуацию.

Для расчета ошибки репрезентативности необходимо определить объем генеральной совокупности выборки, объем выборочной совокупности, количество шагов выборки, а так же дисперсию совокупности.

Для определения объема генеральной совокупности выборки необходимо знать частоту заполнения совокупности и период, за который рассчитывается ошибка репрезентативности. Исходя из технических характеристик измерительных систем, средняя частота обновления получаемых данных составляет две секунды. Периодом, для которого рассчитывается ошибка репрезентативности, будет являться промежуток одни сутки.

Для определения объема генеральной совокупности выборки воспользуемся следующей формулой.

$N = V * T$ , где V- частота заполнения совокупности , T - период за который рассчитывается выборка.

$$N = 60/2 * 60*24 = 43200 \text{ записей.}$$

Объем выборочной совокупности для разрабатываемой системы будет составлять  $n = 80$  записей.

Отсюда шаг выборки будет составлять:

$$\text{Кол-во шаг} = N / n.$$

$$\text{Кол-во Шаг} = 43200/85 = 508$$

Так как в системе выборки применяется бесповторный отбор то среднее значение признака ошибки репрезентативности будет рассчитываться на по формуле:

$$\Delta_x = t \sqrt{\frac{\overline{\sigma}^2}{n} \left(1 - \frac{n}{N}\right)}$$

При этом, распределение данных будет подвержено нормальному гаусовскому распределению, величина дисперсии при этом будет

$\sigma^2 = 1$  (согласно функции распределения Лапласа)

$\Delta_x = 508 (1/85 * (1 - 85/43200))^{0.5} = 55$  записей

Таким образом можно сказать, что при пропорциональной выборке без повторов среднее количество ошибочных записей может достигнуть 55.

Поэтому можно посчитать ошибочный процент записей от общего количества.

$V_{\text{ошибочных}} = 55 * 100 / 43200 = 0.13\%$

#### 4 Структура и функции системы анализа и прогнозирования опасных гидрометеорологических явлений

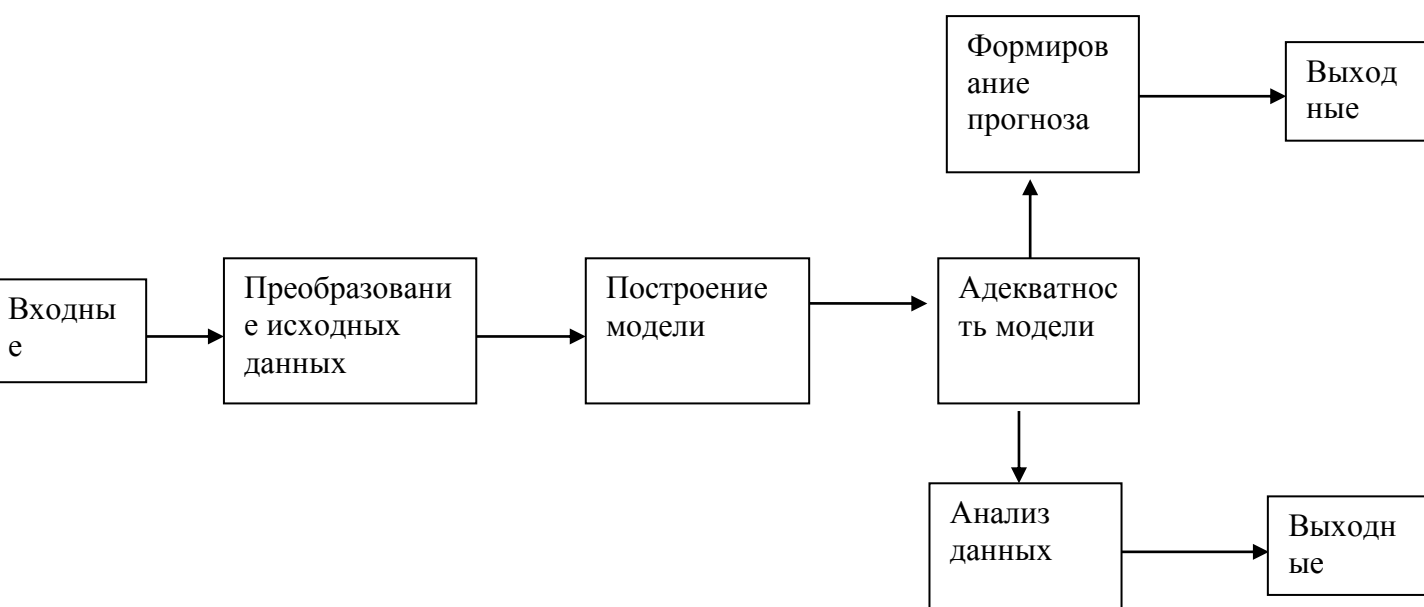


Рисунок 4 - Структура системы анализа и прогнозирования опасных гидрометеорологических явлений.

В функции системы входят:

- регулярные наблюдения за состоянием метеорологических явлений и процессов;
- наблюдение за количественными и качественными показателями метеорологических явлений и процессов;
- формирование прогнозов;

- сбор, хранение и обработка данных наблюдений;
- своевременное обновление информации;
- обеспечение максимальной достоверности метеорологических прогнозов;
- создание и ведение банков данных;
- анализ отклонений величин наблюдаемых показателей от средних климатических величин.

Входные данные системы представлены информацией которая соответствует формату КН-01 (формат передачи гидрометеорологических данных с аналогового прибора в цифровом виде). После поступления на вход системы данных, идет проверка их соответствия необходимому формату. При удачном прохождении проверки данные заносятся в систему, а так же добавляются в базу данных. После чего происходит построение модели посредством занесения в специальные структуры данных полученной информации (массив температур, скорости ветра, давления и т.д.). После построения модели, происходит проверка ее адекватности. Это выполняется с помощью сравнения пришедших данных с диапазоном допустимых значений. В зависимости от характера изменения данных в системе могут обрабатываться два типа моделей (подробное описание в гл.№4). В зависимости от выбранной модели происходит анализ или прогнозирование. Прогнозирование может быть возможно в случае изменения стационарности величин (в определенном диапазоне). Согласно пункту 2.3 в полученных данных может появиться ошибка (единичный скачек), что не приводит к началу прогнозирования. Прогноз происходит по двум группам измеряемых величин ОЯП которые описаны в пункте 3