

# Автоматизация процессов управления организационно-экономической деятельностью авиапредприятия с помощью активной ИУС



**М. Ю. Смуров,**  
д-р техн. наук,  
профессор, ректор  
Санкт-Петербургского  
государственного  
университета гражданской  
авиации (СПбГУ ГА)

На предприятиях гражданской авиации сегодня эксплуатируются информационно-управляющие системы (ИУС), которые фактически являются автоматизированными системами управления производством, так как не обладают какими-либо средствами для информационной поддержки принятия решений пользователем.

В статье предложены возможные пути совершенствования информационной составляющей ИУС.



**Н. Н. Сухих,**  
д-р техн. наук,  
профессор, заведующий  
кафедрой систем  
автоматизированного  
управления, первый  
проректор-проректор по  
учебной работе СПбГУ ГА

## Структура ИУС

ИУС для автоматизации информационно-управляющих процессов при организационно-экономическом управлении авиапредприятием представляет собой активную систему (АС), поскольку она действует благодаря людям, входящим в объект управления [1, 2]. Фактически данную ИУС можно считать многоканальной АС, что объясняется наличием в ней нескольких параллельно функционирующих активных каналов (АК), подключенных к объекту управления, т. е. к авиапредприятию. Структура подобной ИУС приведена на рис. 1. Аббревиатурой ИС обозначена измерительная схема, куда входят подсистема формирования первичной информации, осуществляющая сбор, регистрацию, направление и обработку данных в местах их получения, а также подсистема передачи информации, которая передает собранные и предварительно обработанные данные от места получения к месту последующей обработки. Среди устройств и систем, входящих в ИС, можно выделить [3]:

- технические средства, обеспечивающие работу ЭВМ;
- технические средства для накопления и первичной обработки информации, расположенные непосредственно в местах формирования данных (склад, цех, служба и т. д.).

Важную роль в этой группе средств

играет система телеобработки и передачи данных. К техническим средствам обработки информации относятся ЭВМ различных типов.

Для обеспечения необходимой информационной поддержки пользователя в различных нестандартных ситуациях ИУС имеет в своем составе систему средств информационной поддержки принятия решений (СИППР), позволяющую использовать интерактивный режим для квалифицированной выработки управляющих воздействий. Интерактивный режим выгодно отличается от режима пакетной обработки, где человек пассивно выбирает нужные программы. Основой СИППР могут служить и средства искусственного интеллекта (ИИ).

Как видно из рис. 1, управляющие воздействия (управляющие решения) формирует руководитель – пользователь системы. ЭВМ при этом используется для обработки данных и выдачи информационных подсказок человеку в критических ситуациях. Задачу управления можно сформировать как необходимость обеспечения выполнения заданий, установленных авиапредприятию по каким-либо показателям, в условиях внешних возмущений (метеофакторов, перебоев с поставками ГСМ и ЗИП, колебаний спроса на перевозки и т. п.) и внутренних помех (выхода из строя авиационной и наземной техники, нехватки специалистов и т. п.).

В гражданской авиации на уров-

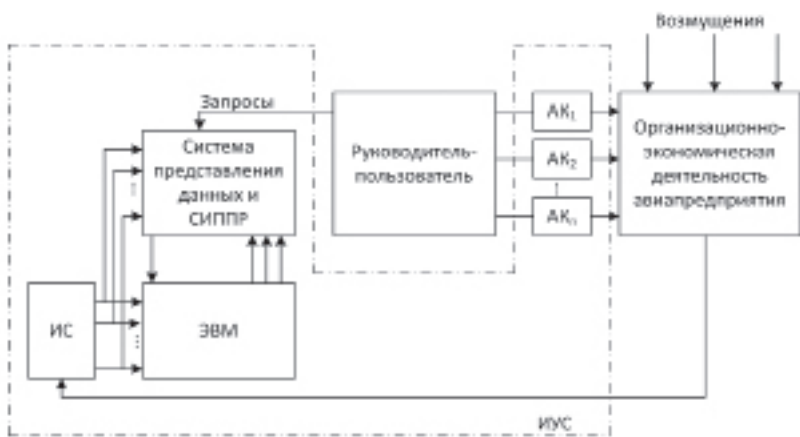


Рис. 1. Место и структура активной ИУС при автоматизации информационно-управляющих процессов в организационно-экономической системе авиапредприятия

не авиапредприятия эксплуатируются ИУС, фактически являющиеся автоматизированными системами управления производством без каких-либо средств информационной поддержки принятия решений. Аналогичная ситуация сложилась и в других отраслях. Лишь на уровне опытных образцов с системами СИПР, в том числе на основе средств ИИ, стали внедряться ИУС при управлении нефтеперерабатывающим заводом, реактором, а также при сооружении газопроводов.

**Предупреждение сбойных ситуаций**

В результате возмущающих воздействий и помех в работе авиапредприятия возникают сбои, отклонения от планов, затрудняется обеспечение регуляр-

ности движения самолетов, нарушается технология подготовки рейсов и снижается производительность труда.

Перечень возможных средств предупреждения сбойных ситуаций (СС) при эксплуатации активной ИУС представлен на рис. 2.

Предупреждением пользователя занимаются наземные службы, авиационно-технические базы и т. п. Совершенствование их технологий представляет собой самостоятельную задачу, которая не рассматривается в рамках настоящей статьи.

В ЭВМ, входящих в СИПР, могут происходить формализованные процедуры и применяться экспертные системы (ЭС), необходимые для реализации логико-лингвистических моделей. Воз-

можна комбинация указанных способов в рамках гибридных экспертных систем (ГЭС).

Подобные ЭВМ используются также как средства косвенного предупреждения СС. Здесь они применяются для накопления данных (включая различные интегральные показатели), отражающих деятельность авиапредприятия. Эти данные могут с определенной периодичностью анализироваться специалистами для подготовки каких-либо профилактических решений по совершенствованию работы авиапредприятия. Иногда данные могут непосредственно применяться пользователем для принятия решения с целью предупреждения СС или выхода из нее. Вот почему на рис. 2 показана пунктирная связь между указанными системами накопления и способами непосредственного предупреждения.

Совершенствование методов предупреждения СС при эксплуатации рассматриваемой ИУС связано с развитием как управления, так и информационной составляющей системы.

В статье рассматривается совершенствование информационной составляющей ИУС, т. е. методов информационной поддержки принятия решений пользователем в данной системе. Под деятельностью пользователя при этом понимается проводимый им анализ выполнения плана по перевозкам пассажиров и грузов, который основывается на сравнении

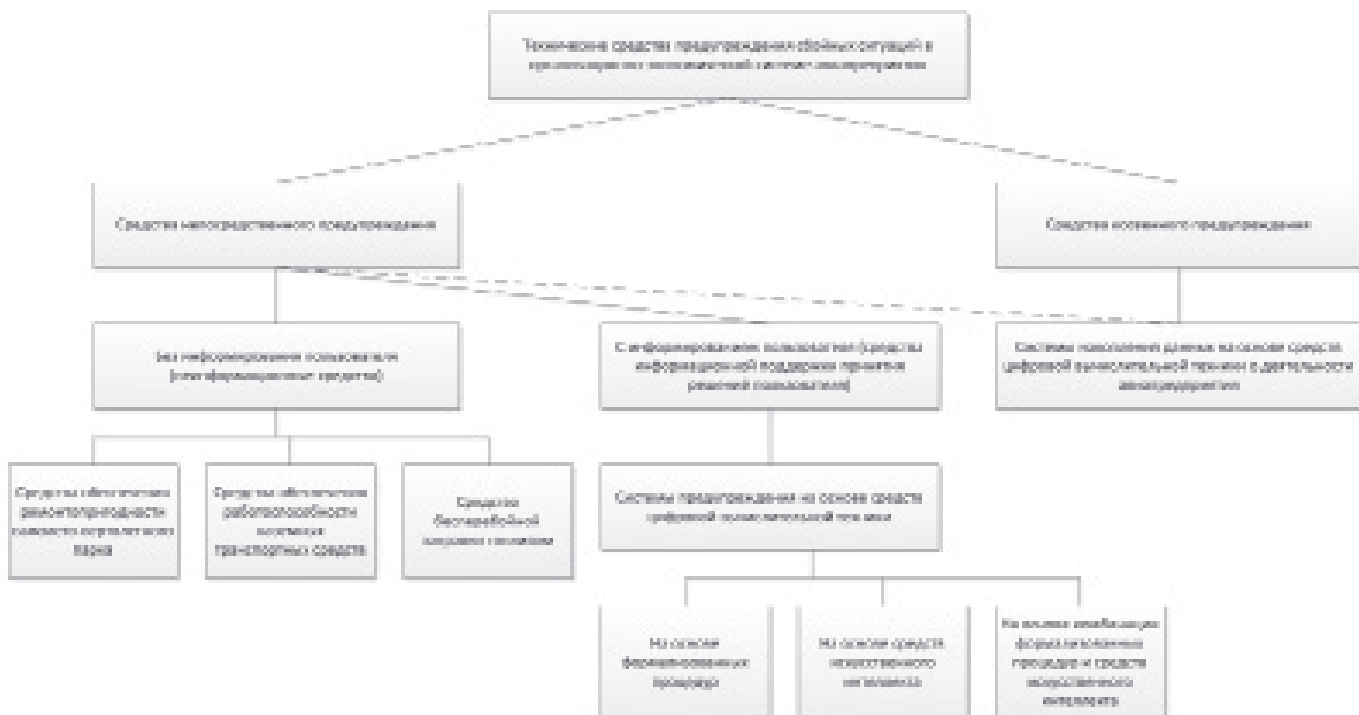


Рис. 2. Классификация технических средств предупреждения СС

текущих плановых и прогнозируемых значений различных показателей. Решение данной задачи будет базироваться на комбинации формализованных процедур, необходимых для прогнозирования значений плановых показателей, и логико-лингвистических моделей для получения уточненного результата. Построение ГЭС возможно по одной из схем, показанных в работе [4].

### Прогнозирование объема авиаперевозок

Задача, решаемая в рассматриваемой ИУС, формируется следующим образом: необходимо накапливать отдельные показатели плана, прогнозировать их и в случае различия прогнозируемых и плановых значений со стороны ЭВМ выдавать пользователю разъяснения о причинах невыполнения плана. Для решения данной задачи в качестве СИППР была разработана гибридная ЭС (рис. 3).

Многочисленные пакеты прикладных программ, предназначенные для статистического анализа и прогнозирования характеристик исследуемых процессов, а также функционирующие в рамках автоматизированных систем различного назначения, базируются главным образом на использовании строго формализованных алгоритмов

обработки информации. Вследствие этого прогноз практически всегда делается на основе анализа ретроспективной статистики без учета функционирования производственных процессов, опыта и неформальных знаний высококвалифицированных специалистов и других слабо формализуемых источников информации. Создание гибридной экспертной системы прогнозирования, в которой математические и логико-лингвистические модели объединены логически взаимосвязанной системой программных модулей, обеспечивает решение этой проблемы.

Процесс прогнозирования в зависимости от объекта прогноза состоит из определенной последовательности операций, поэтому его можно представить в виде типовой технологической схемы, состоящей из нескольких этапов. В нашем случае главные из этих этапов следующие:

- постановка задачи (описание объекта прогнозирования, выделение подлежащих прогнозированию показателей, формулировка цели и задачи прогнозирования);
- разработка математической модели прогнозирования (или ее выбор из числа известных и апробированных при решении аналогичных задач);
- обсуждение особенностей разработанной математической модели со

специалистами авиапредприятия с целью доведения до их сведения дополнительных ограничений, вытекающих из предлагаемой математической модели;

- разработка математического метода решения и соответствующего вычислительного алгоритма;
- разработка с помощью экспертов-практиков логико-лингвистических моделей прогнозирования, учитывающих стохастический характер функционирования производства и корректирующих математический прогноз;
- разработка технологии обработки информации (составление перечня необходимой информации, источников ее поступления, выработка требований к форме представления, срокам и объемам);
- разработка и отладка программного обеспечения;
- создание баз данных и знаний (сбор необходимой информации, ее упорядочение);
- проверка работоспособности математико-статистических и логико-лингвистических моделей, методов их решения и программного обеспечения, необходимые коррективы;
- анализ и использование на практике результатов прогнозирования.

В практике статистического прогнозирования перевозок исходные данные чаще всего представлены в виде временных рядов. Такие ряды описывают изменение исследуемых показателей во времени (через фиксированные интервалы, например, через месяц). Результаты прогнозирования временных рядов с помощью математико-статистических моделей будем связывать исключительно со временем, т. е. предполагаем, что при использовании математико-статистических моделей через время выражается влияние всех основных факторов. Механизм влияния отдельных факторов в явном виде рассматривается только при использовании логико-лингвистических моделей.

Почти все известные методы прогнозирования наиболее эффективны при большой длине временного ряда. Однако при прогнозировании показателей авиационных перевозок, временные ряды которых характеризуются значительной нестационарностью, увеличение длины ряда не улучшает точности прогноза, так как в силу различных причин тенденции развития



Рис. 3. Структура СИППР на основе ГЭС

Таблица 1. Прогноз отправки почты (тонн)

| Период   | Прогноз | %    | Факт  |
|----------|---------|------|-------|
| Февраль  | 676     | 2,76 | 683,4 |
| Сентябрь | 569     | 3,31 | 588,7 |
| Октябрь  | 612     | 3,31 | 696,9 |

Таблица 2. Прогноз отправки груза (тонн)

| Период   | Прогноз | %    | Факт   |
|----------|---------|------|--------|
| Февраль  | 3099    | 3,83 | 3470,8 |
| Сентябрь | 3204    | 4,66 | 3659,9 |
| Октябрь  | 3299    | 5,12 | 3407,4 |

Таблица 3. Прогноз производительности полетов (ткм/ч)

| Период   | Прогноз | %    | Факт  |
|----------|---------|------|-------|
| Февраль  | 11200   | 1,25 | 11034 |
| Сентябрь | 10920   | 0,97 | 11373 |
| Октябрь  | 11229   | 1,97 | 11531 |

этих рядов подвержены большим колебаниям. Поэтому при исследовании перевозочного процесса в авиапредприятии важно знать, как развивается не процесс в среднем, а его тенденция, существующая в данный момент. В этом случае целесообразно строить математико-статистические модели прогнозирования, используя в основном малое количество последних наблюдений и наделяя модели адаптивными свойствами.

Рассматриваемые адаптивные модели имеют строгий алгоритм адаптации, который складывается из небольших дискретных шагов. Последовательность процесса адаптации в основном выглядит следующим образом. По модели делается прогноз на  $\tau$  шагов вперед. После истечения  $\tau$  шагов прогнозирования анализируется отклонение прогноза от фактического значения ряда. Ошибка прогноза через обратную связь поступает на вход прогнозной модели и используется ею для перехода в новое состояние с целью большего согласования своего поведения с динамикой ряда. Затем весь цикл адаптации повторяется для новой точки ряда.

При проведении исследований рассматривались следующие модели прогнозирования: модели с постоянными параметрами сглаживания (модели Брауна), модели с адаптивными параметрами сглаживания (модели Д. Тригга и А. Лича), сезонные адаптивные модели (модели Р. Уинтерса, Г. Тейла и С. Вейджа).

Следует заметить, что любая из указанных моделей обладает своими достоинствами и недостатками [5]. В связи с этим предлагается вычисление про-

гнозов производить по каждой из моделей. При этом в качестве результата принимается величина, полученная по той модели, которая наилучшим образом в смысле заданного критерия на данном временном интервале отражает реальный процесс. В качестве критерия был принят критерий минимума среднего квадрата ошибок прогнозирования для последних прогнозов:

$$D_k = \frac{\sum_{i=1}^k (y_i - \hat{y}_i)^2}{k} \rightarrow \min \quad (1)$$

где  $y_i, \hat{y}_i$  – фактическое и расчетное значения членов ряда, соответственно.

Предложенная комбинированная модель функционирует следующим образом:

- для каждой из указанных выше моделей, входящих в состав комбинированной модели, с помощью проб на ретроспективном материале отыскивается оптимальное значение параметра сглаживания. Прогноз по каждой модели делается с теми значениями параметров сглаживания, которые оказались оптимальными;

- для критерия (1) с помощью проб на ретроспективном материале отыскивается такое значение величины  $k$ , которое обеспечивает минимум средней за последний сезонный цикл абсолютной ошибки прогноза комбинированной модели. В соответствии с найденным  $k$  и рассчитанным критерием выбираются наилучшая модель и соответствующий наилучший прогноз.

При прогнозировании характеристик нестационарных временных рядов кроме точечного прогноза целесообразно знать величину довери-

тельного интервала прогноза, которая также может считаться критерием эффективности прогнозирования. Модель, дающая меньшую величину доверительного интервала, может считаться лучшей.

При проведении исследований были приняты выражения для определения средней квадратической ошибки прогноза адаптивных полиномиальных моделей экспоненциального типа в соответствии с [5].

В качестве примера в табл. 1–3 приведены результаты прогнозирования в авиапредприятии ряда параметров для трех месяцев прошедшего года. Как видим, максимальная ошибка при прогнозировании составила порядка 5 %.

#### Литература

1. Бурков В. Н. Основы математической теории активных систем. М.: Наука, 1977. 417 с.
2. Авдеев В. П., Бурков В. Н., Еналиев А. К. Многоканальные активные системы // Автоматика и телемеханика. 1990. № 11. С. 106–116.
3. Алиев Р. А. Методы интеграции в системе управления производством. М.: Энергоатомиздат, 1989. 271 с.
4. Сухих Н. Н. Экспертные системы – средство информационной поддержки принятия решения экипажем самолета. СПб.: Знание, ЛО, ЛДНТП, 1991. 21 с.
5. Головченко В. П., Сухих Н. Н. Прогнозирование объема работ для руководителя наземной службы // Основные проблемы развития наземной базы гражданской авиации: Материалы Второй Всесоюз. науч.-технич. конф. Л.: ЛДНТП, 1991. С. 61–67.