
РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ УСТАНОВКОЙ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ

Нзамба Сенуво, В.О. Чинакал

Кафедра кибернетики и мехатроники
Российский университет дружбы народов
ул. Орджоникидзе, 3, Москва, Россия, 117923

Рассматриваются основные задачи и требования к разработке интеллектуальной системы поддержки принятия решений (ИСППР) при оперативном управлении процессами первичной переработки нефти. Разработана структура ИСППР, обеспечивающая реализацию основных функций поддержки принятия решений при оперативном управлении сложными непрерывными процессами.

Ключевые слова: нефтепереработка, установка первичной переработки, система управления установками, интеллектуальная система поддержки принятия решений.

Введение. Процессы первичной переработки нефти на нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ) реализуются на установках атмосферно-трубчатых (АТ) установках и атмосферно-вакуумных трубчатых (АВТ) установках, управление которыми относится к сложным задачам оперативного управления. Сложность управления установками АТ и АВТ обусловлена неполной информацией о фактическом составе перерабатываемой нефти, сложными зависимостями качества и количества вырабатываемых продуктов от состава сырья и большого числа режимных параметров установок [1]. Управление установками АТ и АВТ происходит при активном участии различных категорий пользователей — операторов, технологов, диспетчеров и других лиц, принимающих решения (ЛПР). В связи с тем, что по каждой установке перерабатываются большие объемы нефти, повышение эффективности управления установками АТ и АВТ даст значительный экономический эффект, а ошибки в управлении могут привести к огромным потерям.

Известно большое число работ по совершенствованию управления процессами первичной переработки нефти. При этом совершенствование управления АТ и АВТ установками больше связано с применением микропроцессорных распределенных систем управления (DCS) различными фирмами [2]. В состав DCS входят операторские рабочие станции, сетевые средства, контроллеры и технические средства управления (ТСУ) — датчики и исполнительные механизмы, обеспечивающие сбор и представление оперативной информации для ЛПР и реализацию заданных режимов управления на установках. Однако выбор режимов управления АТ и АВТ установками и задание соответствующих режимных параметров в зависимости от текущей и прогнозируемой либо нештатной ситуации часто связаны со значительными трудностями, особенно при недостаточном опыте у ЛПР по управлению этими сложными процессами. Для преодоления этих трудностей используются различные аппаратно-программные средства — различные советчики и предсказатели, имитационные модели, тренажеры операторов и т.п. Так, фирма Gensym предложила применить динамическую экспертную систему (ЭС), реализованную на базе среды G2 [3] и предназначенную для обеспечения интел-

лектуального анализа данных при мониторинге работы оборудования на установке АВТ.

В данной работе рассматриваются возможности повышения эффективности оперативного управления режимами работы установок АТ и АВТ с использованием интеллектуальной системы поддержки принятия решений (ИСППР). Разрабатываемая ИСППР ориентирована на решение более широкого круга решаемых задач. В структуре ИСППР предусмотрен комплекс специализированных ЭС, общее программное обеспечение и встроенная система имитационного моделирования (СИМ). Такая ИСППР позволит повысить эффективность принятия ЛПР управленческих решений в условиях неполной информации о составе сырья и не известных точно фактических технологических параметрах процессов на установках.

При разработке структуры ИСППР учтены особенности и возможности оперативного управления установками АТ и АВТ, оснащенных DCS. Необходимая для работы ИСППР оперативная и архивная информация, а также запросы операторов поступают по информационной сети из DCS в ИСППР. Оперативная информация от DCS-системы поступает постоянно в ИСППР и используется для автоматизированного анализа в реальном времени текущих событий, получения оценок состояния ТСУ, выполнения прогноза возможного развития ситуаций на заданные интервалы времени с использованием СИМ и выработки рекомендаций для ЛПР по соответствующему изменению режимов управления установками. При разработке структуры ИСППР учитываются основные особенности технологических процессов, происходящих в установках АТ и АВТ, требования к поддержке решения задач управления установками АТ и АВТ и возможности реализации основных функций ИСППР.

Особенности технологического объекта управления. Технологический объект управления включает в себя установки первичной переработки нефтепродуктов, т.е. АТ и АВТ. На рисунке 1 приведена функционально-технологическая схема части АТ установки АВТ без колонны стабилизации К-4 и вакуумной колонны К-5 [1]. Обессоленная нефть направляется в теплообменники, где нагревается и поступает в колонну К-1 установки АВТ. Из этой нефти выделяются газы и бензиновые фракции. Нижний продукт колонны разделяется на два потока, первый из которых, пройдя через печь П-1, поступает в К-2 в качестве сырья. Вторая часть продукта ответвляется в печь П-2 и после подогрева возвращается в колонну К-1, обеспечивая дополнительное повышение температуры сырья. Верхним продуктом колонны К-1 является бензин и газ. Частично отбензиненная нефть после подогрева в печи П-1 поступает в колонну К-2, где разделяется на пять широких фракций. Бензин К-1 после смешения с бензином К-2 поступает на стабилизацию в колонну К-4. Продуктами К-4 являются несконденсированный газ и бензин. Часть мазута из колонны К-2 отбирается в виде товарного продукта, а другая часть поступает на переработку в вакуумную колонну К-5. Для контроля и управления работой установок АТ и АВТ используются современные DCS. Общее число основных измеряемых и управляемых величин для одной типовой установки АВТ приведены в табл. 1.

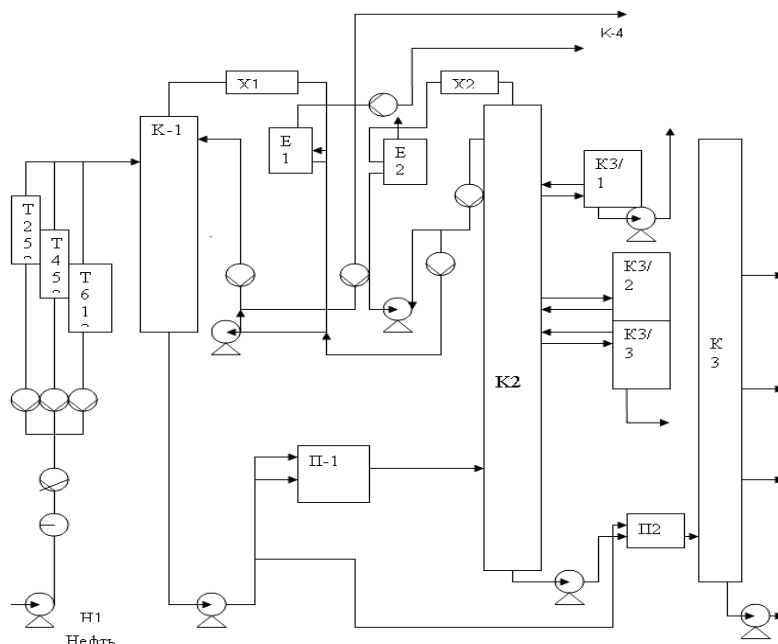


Рис. 1. Технологическая схема атмосферной части установки АВТ

Таблица 1

Основные измеряемые и управляемые величины

Измерения управление	Аналоговые и частотные	Дискретные
Температура (Т)	50	36
Расход (Q)	12	7
Давление (P)	27	12
Открыт—Закрыт	16	11
Управление	30	10
Регулирование	36	12
Число вычисляемых параметров	170	88

В зависимости от изменяющегося качества сырья и различных требований к количеству и качеству выходных продуктов необходимо обеспечить координированное многоконтурное управление АВТ с помощью DCS в соответствии с изменяющимися режимами управления установкой. Для эффективного управления установками АТ и АВТ используют наряду со сложной нелинейной математической моделью процессов первичной переработки нефти, реализуемой в СИМ, также опыт и знания высококвалифицированных технологов и операторов.

Основные задачи и функции ИСППР при управлении установками АТ и АВТ. К основным задачам, для которых целесообразно применение ИСППР при оперативном управлении технологическими процессами установок АТ и АВТ (ИСППР АТ&АВТ) относятся следующие:

— мониторинг текущего состояния ТСУ установок АТ и АВТ и оперативный анализ данных об управляемых процессах независимо от запросов пользователей ИСППР;

— автоматизированный логический анализ текущих событий, обнаружение нарушений технологических процессов и формирование текущих оценок различных технологических ситуаций;

— прогноз развития ситуаций с использованием методов имитационного моделирования и логических анализа;

— определение альтернативных режимов управления установками АТ и АВТ.

К основным функциям, которые используются при поддержке задач ИСППР АТ&АВТ относятся:

— выявление предпосылок и раннее предупреждение о возможности возникновения аварийных ситуаций в работе оборудования установок или ведения технологического процесса и выдача подробных рекомендации по мерам предупреждения и устранения;

— обеспечение полного системного моделирования различных режимов работы установок АТ и АВТ в различных масштабах времени;

— поддержка задач принятия решений при управлении установками, позволяющие определить конкретные режимы работы оборудования и задание необходимых регулируемых параметров;

— выработка рекомендаций по корректировке режимных параметров с целью обеспечения желательных значений критериев качества и выполнения требуемых ограничений;

— обработка, эффективное представление и хранение необходимой информации в базах данных реального времени и архивах;

— прогнозирование значений не измеряемых показателей и параметров;

— оперативный контроль текущих значений режимных параметров основных агрегатов установок и прогноз возможных отклонений от заданных значений;

— обеспечение режимов выдачи советов и тренажа для операторов установок.

Указанные функции реализуются в такой последовательности:

1) обработка запросов оператора и формирование стратегического сценария выполнения запросов на основе классификации типа запроса и определения необходимых условий и данных для выполнения запроса;

2) формирование на базе шаблона стратегического сценария детального рабочего сценария и выполнение исполнения запросов по всем операциям на основе анализа содержимого запроса с учетом имеющейся информации в базах данных (оперативной и архивной) и в базах знаний экспертных систем;

3) формирование ответов оператору в наиболее информативном виде на основе анализа текущей ситуации, прогноза ее развития и результатов логического анализа и имитационного моделирования различных вариантов режимов управления установками АТ и АВТ.

В процессе оперативного управления процессами установок АТ и АВТ в ИСППР используются оперативные данные постоянного мониторинга качества и количества сырья, измерения всех регулируемых параметров и переменных, данные текущего состояния работы оборудования установок, системы управления установками, результаты анализов качества и измерения количеств получаемых продуктов, а также затрачиваемой энергии и других ресурсов.

Особенности разрабатываемой структуры ИСППР. Общая структура ИСППР и основные функциональные связи представлены на рис. 2.

В состав ИСППР входят следующие блоки [4]: блок интеллектуального интерфейса ЛПР с ИСППР, блок моделей управляемых объектов; блок алгоритмов

решения задач принятия решений, блок логического вывода и объяснений, базы данных и базы знаний, блок идентификации параметров моделей. Каждый из этих блоков выполняет определенную функцию, а их совместное функционирование позволяет ЛПР принимать эффективные решения по управлению производством. При решении основных задач ИСППР работает так, как показано на рис. 2.

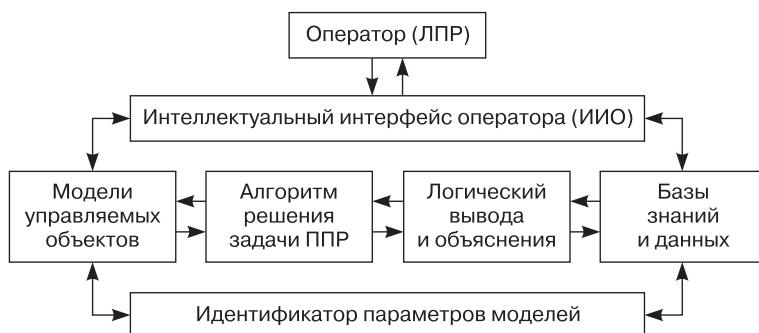


Рис. 2. Общая структура ИСППР

В интеллектуальной системе поддержки принятия решений постоянно осуществляется логический анализ сложившейся на производстве ситуации и определяется прогноз вариантов возможного развития ситуации. В случаях выявления опасных ситуаций ИСППР информирует об этом ЛПР. Лицо, принимающее решения, используя возможности интеллектуального интерфейса оператора (ИИО), может выбрать критерии управления, задать основные параметры и ограничения для изменения соответствующего режима работы объекта с учетом данных измерений или прогноза изменений состава исходного сырья, дополнительных требований к качеству продукции, плану выработки продуктов, и т.д. В соответствии с этими требованиями формируются сценарии решения задач, необходимых для получения новых вариантов управления установками. Для решения соответствующих задач в ИСППР используются модели объекта, алгоритмы решения задачи, базы знаний, базы данных и подсистема логического вывода с объяснением хода решения. Выбор ЛПР вариантов решения осуществляется в зависимости от важности локальных критериев и наложенных ограничений на значения управляющих и режимных параметров. При настройке и адаптации системы к новым условиям работы опытные операторы могут выполнять функции экспертов, корректируя правила в базах знаний по анализу и прогнозу ситуаций, способах управления установкой в различных режимах, изменяя или дополняя требования по сбору и обработке измеряемых и вычисляемых различных качественных и количественных показателей.

Интеллектуальный интерфейс оператора обеспечивает удобный диалоговый режим работы оператора с ИСППР и связь с системой управления установками АТ и АВТ. Модели управляемых объектов позволяют проводить системное моделирование работы объектов и DCS-системы в целом, обеспечивая определение значений регулируемых параметров DCS, количественных и качественных показателей вырабатываемых продуктов в зависимости от значений входных воздействий, управления, режимных параметров процесса. Алгоритмы решения задач

принятия решений, используя пакеты прикладных программ, систему имитационного моделирования, базы знаний и блок логического вывода, позволяют осуществить поиск рациональных режимов работы объекта по выбранным критериям и определить рекомендуемые значения управляющих воздействий, обеспечивающие эти режимы. Подсистема логического вывода реализует стратегии вывода, а подсистема, подсказки и объяснения формирует для ЛПР объяснение получаемых результатов и рекомендаций, основанных на трассировке процесса логического вывода.

Базы знаний (БЗ) и базы данных (БД) обеспечивают хранение формализованных знаний специалистов-экспертов, исследователей предметной области, а также необходимых оперативных и архивных данных об установке, ее режимах и производственных требованиях. Информация из БД и БЗ используется в процессе анализа и выбора решения, при объяснении результатов вывода и выбора решений, для составления производственных отчетов и при адаптации моделей к новым условиям. На практике используют различные методы представления знаний в интеллектуальных системах [4]. Для данной технической задачи управления производством наиболее удобным видом формализации и представлений знаний в ИСППР являются продукции. Продукционные правила обеспечивают структурно-лингвистическое представление процедурных знаний и формально записываются в следующем виде:

ЕСЛИ (ситуация 1 ... и/или ... ситуация n), ТО (действие 1, ..., действие m);
ЕСЛИ (причина 1 ... и/или ... причина n), ТО (следствие 1, ..., следствие m).

Применение продукционных правил позволяет создать системы, обеспечивающие:

- быстрый отклик на изменяющиеся в широких пределах и часто непредсказуемые ситуации внешней среды;
- добавление, исключение или изменение отдельных продукционных правил независимо в базу знаний;
- единообразное представление знаний в БЗ, облегчающее их понимание человеком, передачу БЗ в другие системы и интерпретацию.

При большом числе правил и фактов использование продукционного метода представления знаний может затруднить понимание и верификацию программ, а также увеличить расход вычислительных ресурсов. Для преодоления этих проблем в данной разработке предусматривается комплекс из пяти специализированных экспертных систем реального времени, имеющих свои БЗ и БД, а также возможности использования параллельных вычислений в локальной компьютерной сети.

Идентификатор параметров моделей представляет собой программу, осуществляющую проверку адекватности моделей данным условиям, режимам работы объекта и при необходимости производящую идентификацию модели или адаптацию ее параметров с использованием информации о текущих значениях измеряемых переменных и режимных параметров.

С учетом выделенных задач, особенностей и общих требований рассмотрим более подробно разработку структурно-функциональной схемы ИСППР при управлении установками АТ и АВТ.

Разработка структурно-функциональной схемы ИСППР. Структура разработанной функциональной схемы ИСППР при оперативном управлении процессами установок АТ и АВТ представлена на рис. 3. Рассмотрим функциональное назначение основных блоков ИСППР и их взаимодействие друг с другом.

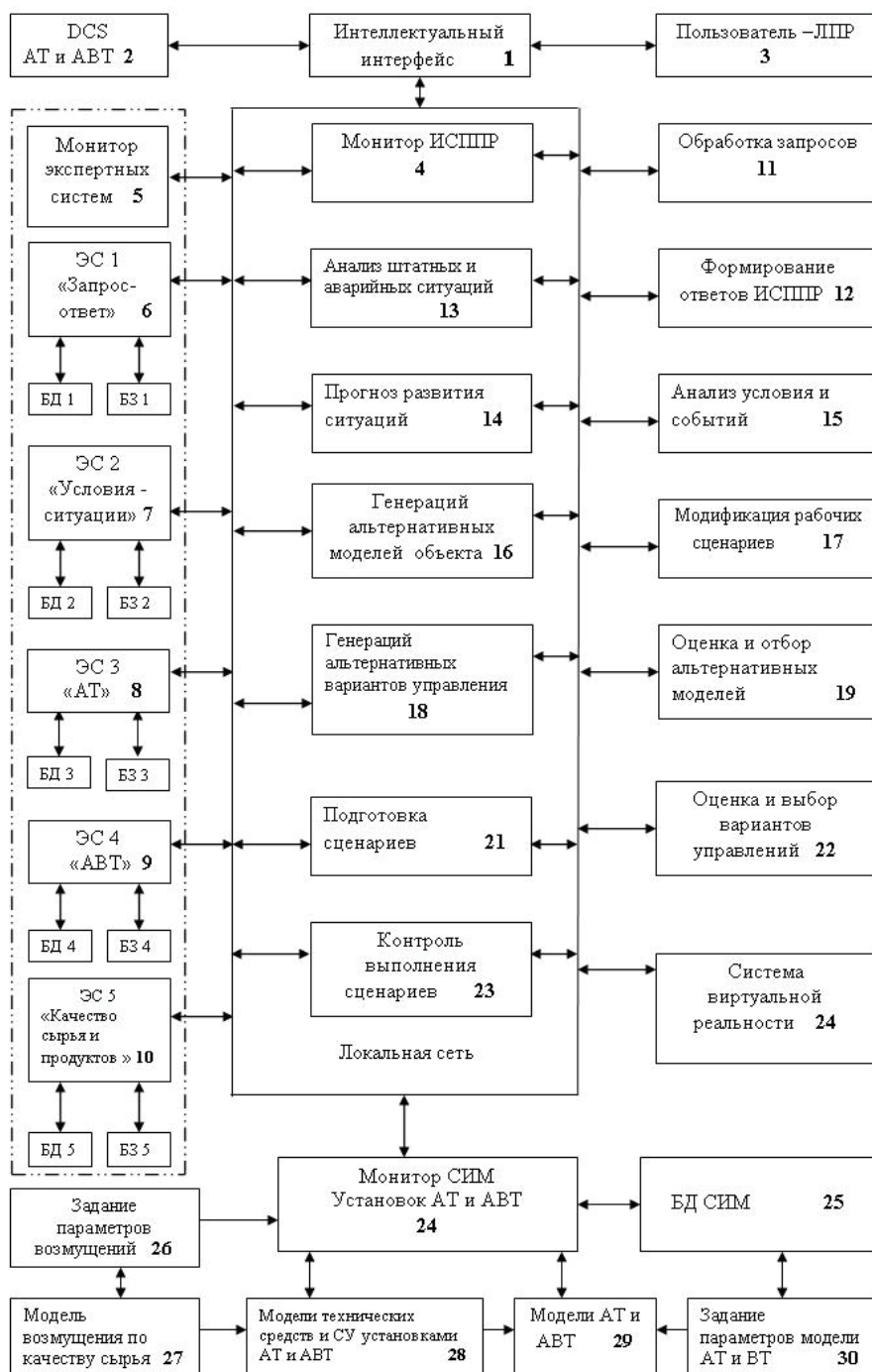


Рис. 3. Структурная функциональная схема ИСППР

Интеллектуальный интерфейс оператора (блок 1) обеспечивает связь по оперативным данным ИСППР с DCS-системой управления установок АТ и АВТ (блок 2) и обмен информацией между ИСППР и ЛПР (блок 3). Подробнее задачи построения ИИО рассмотрены в [5].

Для координации работы всех блоков ИСППР по локальной сети используется общий программный монитор ИСППР (блок 4), взаимодействующий с монитором ЭС (блок 5), монитором СИМ (блок 24) и дополнительным программным обеспечением (ПО), обеспечивающим выполнение ряда функций ИСППР (блоки 11—23).

Работа комплекса специализированных ЭС 1, ЭС 2, ЭС 3, ЭС 4 и ЭС 5 (блоки 6—10), имеющих свои БЗ и БД, координируется отдельным программным монитором экспертных систем (блок 5). ЭС 1, используя наборы производственных правил и шаблонов, обеспечивает вместе с ПО блоков 11 и 12 поддержку работы ИСППР при автоматизированном анализе запросов ЛПР, формировании ответов ИСППР для ЛПР (вместе с ПО блока 23) и определении стратегического сценария работы ИСППР. ЭС 2 обеспечивает логический анализ всех текущих событий, условий, ситуаций, прогноз их развития и модификацию параметров рабочего сценария вместе с ПО блоков 13—15. ЭС 3 и ЭС 4 поддерживают генерацию, оценку и выбор альтернативных вариантов моделей установок АТ и АВТ, вариантов альтернативного управления установками вместе с ПО блоков 16—20. ЭС 5 обеспечивает интеллектуальный анализ данных по качеству сырья и продуктов и используется при подготовке данных для рабочего сценария (блок 21) и контроле выполнения сценария (блок 22).

Монитор СИМ (блок 24) обеспечивает работу СИМ при реализации вариантов режимов управления АТ и АВТ, используя ПО блоков 25—30 для задания параметров возмущений, параметров и реализации моделей АТ и АВТ, технических средств и регистрации вариантов процессов моделирования в БД СИМ.

Выводы. Разработана структура ИСППР для поддержки оперативной работы операторов на установках АТ и АВТ при управлении процессами первичной переработки нефти на НПЗ. В состав ИСППР входит ряд специализированных экспертных систем реального времени, система имитационного моделирования и система автоматической генерации и проверки гипотез о возможных изменениях состава сырья, состояния технологического оборудования и возможных нарушений в реализации режимов управления установками.

При работе ИСППР используются оперативные данные, поступающие от распределенной системы управления установками АТ и АВТ, и производственные правила, реализующие знания и опыт наиболее высококвалифицированных операторов по управлению процессами первичной переработки нефти.

Применение ИСППР совместно с микропроцессорной DCS-системой управления установками обеспечивает комплексное решение основных задач автоматизированного управления процессами первичной переработки нефти на НПЗ и позволяет максимально повысить эффективность работы установок АТ и АВТ.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Эрих В.Н., Расина М.Г., Рудин М.Г.* Химия и технология нефти и газа. — Л.: Химия, 1972.
- [2] *Харазов В.Г.* Интегрированные системы управления технологическими процессами. — СПб.: Профессия, 2009.
- [3] <http://www.gensym.com/index.php> // <http://www.ntpdubna.ru/g2.htm>
- [4] *Пупков К.А., Коньков В.Г.* Интеллектуальные системы. // МГТУ им. Н.Э. Баумана. — М., 2003.

DEVELOPMENT OF STRUCTURE OF INTELLECTUAL DECISION SUPPORT SYSTEM OF OPERATING CONTROL AT PRIMARY OIL REFINING

Nzamba Senouveau, V.O. Chinakal

Department of Cybernetics and Mechatronics
Peoples' Friendship University of Russia
Ordjonikidze str., 3, Moscow, Russia, 117923

In the paper describe basic problems and requirements to development of intellectual decision support system (IDSS) at operating control by processes of primary oil refining. Is developed the structure of IDSS, which ensures the implementation of the basic functions of decision support in operating control of complex continuous processes.

Key words: Oil refinery, unit of primary processing, system control of units, intellectual decision support system.