

## **КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОРЫНКОМ**

*Аннотация:* Приведены результаты совершенствования подхода к проектированию объектно-ориентированной системы поддержки принятия решений для автоматизации процессов организационного управления на оптовом рынке электроэнергии.

*Ключевые слова:* организационное управление, оптовый рынок электроэнергии, система поддержки принятия решений, информационно-технологическая платформа.

### **Введение**

Ранее в работе [4] достаточно обоснованно отмечалось, что создание компьютерных систем организационного управления (КСОУ) оптовым рынком электроэнергии (ОРЭ) является наукоёмкой и ресурсоёмкой задачей и делался вывод о необходимости построения КСОУ на базе информационно-аналитической системы мониторинга (ИАСМ). Далее, в работе [3] были проанализированы особенности автоматизации процессов организационного управления при решении неструктурированных и слабоструктурированных задач, которые приводят к сложностям в управленческой деятельности, вследствие информационной неопределенности, и предложено, что дальнейшее обобщение и развитие подхода к построению КСОУ должно осуществляться на основе перехода к объектно-ориентированной системе поддержки принятия решений (СППР) и включения в ее состав ИАСМ с целью построения интегрированной системы, ориентированной на исследование основных показателей состояния производства и экономики субъектов ОРЭ.

Настоящая работа посвящена совершенствованию и детализации предложенного подхода в направлении развития средств информационно-технологического обеспечения с целью создания информационной среды проектирования, как для построения компьютерных моделей задач организационного управления ОРЭ, так и их взаимосвязанного функционирования в ней, а также для автоматизации процессов принятия решений по прогнозированию и планированию поставок продукции - электроэнергии на ОРЭ.

## 1. Постановка задачи исследования

Исходя из поставленных целей и специфики предметной области ОРЭ, информационные технологии построения КСОУ на базе СППР функционально должны удовлетворять следующим современным требованиям:

- поддержка распределенной в пространстве архитектуры системы;
- поддержка корпоративной нормативно-справочной информации;
- наличие механизмов обмена информацией, хранящейся на разных уровнях управления;
- модульный принцип построения, допускающий изолированное использование отдельных компонент системы, а также их комбинаций, диктуемых производственно-экономическими задачами;
- возможность агрегирования, консолидации и интеграции данных по уровням управления;
- обеспечение интерфейсов взаимодействия с внешними системами;
- возможность наращивания функционального состава системы.

Приведенные требования к функциональности КСОУ с точки зрения автоматизации процессов принятия решений в сфере мониторинга производственных показателей субъектов ОРЭ и развития его в целом обуславливают необходимость соблюдения следующих условий [3]:

- открытость структуры системы;
- гибкость интерфейса для включения новых объектов и алгоритмов реализации математических моделей технологического процесса почасового планирования и оптимального распределения объемов производства энергии между производителями и потребителями по критерию минимальной стоимости на производство электроэнергии на заданном интервале графика погрузка активной мощности;
- гарантированность (достоверность) приема, обработки, хранения информации о состоянии субъектов ОРЭ;
- адаптивность к изменениям, как в структуре, так и в значениях параметров субъектов ОРЭ.

Структуры сложных систем управления, к которым следует отнести КСОУ ОРЭ, как правило, строятся с использованием иерархического и функционального принципов выделения подсистем. В результате системы управления каждого уровня представляют собой подсистемы в системе более высокого уровня. Каждый уровень характеризуется своими особенностями целей и операций управления, связанных с обработкой данных [5].

Известно что, операции управления реализуют информационную функцию объекта управления, которая состоит в выполнении в автоматизированном

режиме сбора, обработки, интерпретации и представления информации для выполнения производственной функции этого объекта, т. е. реализации задач управления [6].

Для решения задач управления в организационно-технических системах (ОТС) также может образовываться иерархическая система, на нижнем уровне которой находятся задачи интерпретации и представления данных, а следующие уровни образуют задачи генерации новых данных и знаний для поддержки процессов выработки и принятия управленческих решений в КСОУ.

В результате, можно определить следующие уровни подсистем, обусловленные разной степенью автоматизации информационной функции ОТС:

1) информационно-поисковые системы для автоматизации процессов интерпретации данных и подготовки интерфейсов взаимодействия;

2) информационно-регистрационные системы для автоматизации процессов сбора, накопления и передачи данных;

3) информационно-аналитические системы для автоматизации процессов мониторинга и проведения расчетных задач;

4) информационно-моделирующие системы для подготовки и анализа вариантов развития на основе моделей объекта управления;

5) информационно-решающие системы для автоматизации процессов выработки и принятия управленческих решений.

Исходя из анализа особенностей механизмов организационного управления, дальнейшее развитие подхода к построению КСОУ должно осуществляться не только на основе перехода к объектно-ориентированной СППР, но и с учетом ее иерархической структуры и интеграции составляющих в единую информационную систему управления для разрешения сложностей в организации управленческой деятельности субъектов ОТС. Т.е., для автоматизации процессов организационного управления на ОРЭ следует СППР рассматривать как объектно-ориентированную иерархическую интегрированную систему.

В результате существенную роль для решения проблемы объектного моделирования данных предметной области организационного управления приобретает функциональное моделирование технологических процессов обработки данных с целью унификации программного интерфейса единой интегрированной системы через типизацию (классификацию) операций взаимодействия лица принимающего решения с объектами (структурами данных) предметной области КСОУ.

Исходя из возможного развития инфраструктуры объекта автоматизации - процессов организационного управления, развития математических моделей, применяемых для описания технологических процессов управления, в современных условиях выработка методологии проектирования КСОУ с максимально

адаптивной структурой представления данных предметной области и программного обеспечения самой системы приобретает наибольшее значение.

В этой связи наиболее перспективным направлением в создании КСОУ является подход, основанный на информационной технологии, которая представляет собой гибкое высокоавтоматизированное перенастраиваемое производство моделей автоматизируемых процессов, позволяющее непрерывно совершенствовать технологический процесс создания системы, поддерживать актуальность инструментальных средств и стандартов, а также развивать и совершенствовать и саму систему [1, 2].

Информационная составляющая такой технологии при создании КСОУ обеспечивает формирование строго определенной структуры данных, в рамках которой создаются информационные модели объектов предметной области и реализуемых задач переработки информации, и учитывает реальные особенности технологических процессов проведения оперативных, плановых и аналитических расчетов и операций по обработке данных. А функциональная ее составляющая представляет собой информационно-технологическую платформу (ИТП), которая обеспечивает создание и функционирование всей совокупности математических моделей расчетно-аналитических задач, логически и информационно взаимосвязанных между собою по целевому назначению, расчетным входным и выходным данным.

Итак, основной целью предлагаемой ИТП является улучшение координации и повышение информационной обеспеченности работы пользователей КСОУ за счет сокращения сроков подготовки объекта автоматизации, ускорение предоставления интерфейсов взаимодействия пользователя, создание интегрированного информационного ресурса и единой программной среды.

## **2. Организационная структура ИТП построения СППР**

В современных информационных системах для адекватного отражения функционального предназначения используемых данных применяется трехуровневая организационная схема построения, в которой выделяются уровни: внешней модели данных, отражающей интерфейс программного приложения, концептуальной модели, отражающей представления данных функциональных задач программного приложения, и физической модели, отражающей структуры данных в базе данных предметной области информационной системы.

В основу адаптивной организационной схемы ИТП построения объектно-ориентированной интегрированной иерархической СППР должны быть положены типовые черты, с помощью которых можно отличить один объект данных от другого. Целесообразность такого анализа и выделения классов объектов

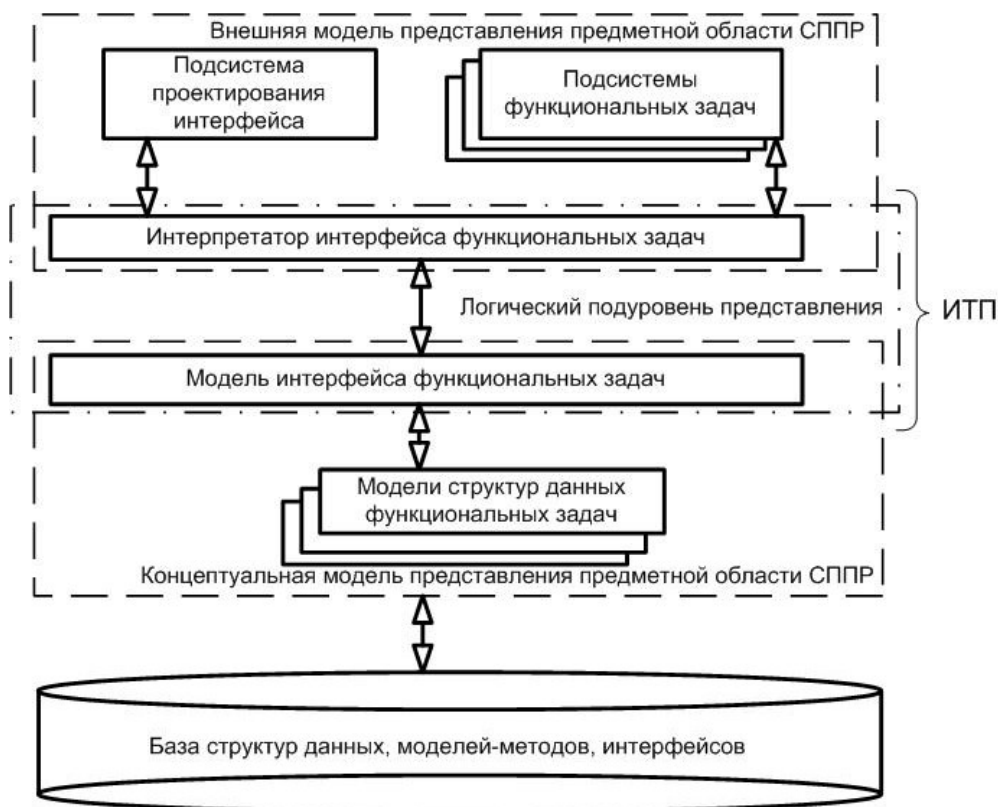
предметной области при разработке внешней и концептуальной модели обусловлена тем, что для разных функциональных задач программного приложения часто используются одинаковые операции визуализации и преобразования над информационными массивами данных. Кроме того, функции и процессы обработки данных при поэтапном внедрении подсистем интегрированной иерархической системы быстро модифицируются, воссоздавая переменные требования пользователей к предметной области. Все это требует такой организации структуры системы, при которой объекты предметной области и взаимосвязи между ними были бы определены независимо от реализации конкретных функциональных задач обработки данных в процедурах и интерфейсах программного приложения, и представляли собой единую структуру.

В результате, объектом проектирования и описания в организационной модели системы должны выступать не только структуры данных предметной области, а и сами процедуры реализации функциональных задач. Введение дополнительного промежуточного логического подуровня представления процедурной и интерфейсной частей программной среды ИТП между уровнями концептуальной и внешней модели предметной области обеспечит необходимую независимость, т.е. адаптивность СППР к возможным изменениям и расширениям внешней и концептуальной моделей данных (рис.1).

В результате логика визуализации функциональных задач предметной области становится также данными, представленными в виде собственной модели интерфейса, которая входит в концептуальную модель, а технологической частью ИТП становится инструментальный программный комплекс гибкой (адаптивной) информационной системы, функцией которого служит интерпретация и воспроизведение в задачах подсистем взаимозависимых данных из модели интерфейса функциональных задач и из моделей структур данных концептуального представления предметной области.

Однако простое наличие в СППР отдельных функциональных подсистем еще не обеспечивает решения всего комплекса задач, которые возникают как на этапе практического создания программной системы, так и на этапе ее эксплуатации, связанных с обеспечением надежной и эффективной работы на протяжении возможно более продолжительного жизненного цикла.

В результате к функциональности современных информационных систем следует предъявлять требования, которые предусматривают открытость структуры системы, наличие гибкого интерфейса (механизма) для включения новых объектов и алгоритмов решения прикладных задач и возможности адаптации к изменениям, как в структуре, так и в значениях параметров объектов предметной области.



*Рис. 1.* - Адаптивная организационная схема ИТП построения СППР

Таким образом, информационная часть – база данных и технологическая часть – программное обеспечение ИТП будут состоять из функциональной составляющей, которая отражает особенности и процессы предметной области, и информационной составляющей, которая отражает унифицированные способы взаимодействия с объектами предметной области.

### 3. Концептуальная схема построения ИТП

Итак, программное обеспечение объектно-ориентированной иерархической СППР построенной на базе адаптивной ИТП должно состоять из подсистем, ориентированных на решение функциональных задач в рамках обеспечения информационных потребностей пользователя предметной области КСОУ. Каждая функциональная задача, в целом, характеризуется входными данными (поток данных), выходными данными (поток результатов) и методами их обработки (интерпретации и представления). Под методами обработки следует понимать инструментальные функции, которые обеспечивают разнообразные механизмы манипулирования входными данными функциональных задач. К таким методам относятся операции выборки данных, фильтрации данных, внесения изменений

в элементы данных, удаление данных, агрегирования данных для формирования аналитической отчетной информации или других данных-результатов.

Таким образом, можно говорить о следующей концептуальной схеме построения ИТП в виде трехуровневой организационной структуры «функциональная среда предметной области – функциональная задача – инструментальная функция обработки». В результате прикладная часть системы будет структурироваться из подсистем, которые выделяются не по проблемно-ориентированным признакам, а по функциональным, которые ориентированы на типовые операции взаимодействия с объектной предметной средой при интерпретации и представлении данных.

Требования универсальности и единообразия в способах представления данных пользователю приводит к необходимости создания так называемых метаданных. Однако их применение является одним из наиболее сложных и практически недостаточно проработанных инструментов в современных информационных технологиях создания КСОУ. В общем случае необходимо выделять такие аспекты метаданных, которые должны присутствовать в СППР, как с точки зрения описания объектов предметной области, так и функциональности системы:

- 1) метаданные о структуре данных прикладной области;
- 2) метаданные о процессах;
- 3) метаданные о способах представления данных (интерфейсах) пользователю;
- 4) метаданные описания пользователей;
- 5) метаданные по администрированию системы.

Первые два аспекта отражают объектно-ориентированный подход к описанию предметной области КСОУ, а остальные - адаптивность к способам представления данных этой предметной области.

Рассмотрим механизм представления данных в объектно-ориентированной СППР, построенный с использованием технологии метаданных.

Эффективность сложных информационных систем в значительной мере зависит от способов семантического согласования интерфейса прикладных программ с данными ее бизнес-логики, которые обрабатываются на концептуальном и физическом уровнях представления. При этом очень важно, как обеспечивается та или иная степень независимости (согласованности) данных от логики программ. Известно несколько способов семантического согласования через механизм связывания структур данных с прикладной программой, которые могут осуществляться как на этапах компиляции (проектирования), так и при выполнении (трансляции) программы.

Встраивание структур данных в программы и их связывание с бизнес-логикой, выполняющееся до начала работы программы, т.е. на стадии ее проектирования, обеспечивает статическую согласованность данных. При таком варианте

связывания в случае модификации концептуальной модели данных для успешного выполнения функциональной задачи необходимо повторно проводить компиляцию и построение нового образа программы, пригодной к использованию с модифицированными структурами данных.

Реализация способа связывания на этапе выполнения программы, т.е. одновременно с выборкой прикладных данных из базы, разрешает обеспечить динамическую независимость данных, которая обладает максимальной гибкостью в применении. Такое динамическое связывание реализуется путем создания словаря отображений структур данных функциональных задач концептуальной модели, реализованного в виде собственной модели использования структур данных в интерфейсах прикладной программы. В этом случае модификация концептуальной модели данных не разрушает первичное состояние прикладной программы, т.к. изменения в ней будут воспроизведены в модификации данных собственной модели представления, структура которой остается неизменной.

С точки зрения производительности систем реального времени динамическое связывание несколько снижает скорость доступа к прикладным данным, вследствие дополнительного считывания служебной информации о связях данных концептуальной модели и собственной. Однако рядом с возможностями модификации и развития концептуальной модели гибкое динамическое связывание структур данных с программами обеспечит необходимые условия сопровождения изменений функций программного обеспечения и прикладных баз данных. Гибкое динамическое связывание через собственную модель представления и доступа к прикладным данным концептуальной модели обеспечит простое изменение структуры базы данных, программирование и формирование запросов к ней, а, следовательно, ускорит разработку новых функциональных задач и подсистем.

Итак, основными структурами собственной модели динамического связывания являются модели отношений и атрибутов. Принцип отображения информационных объектов концептуальной модели в элементы модели интерфейса представлен на рис. 2.

Каждая запись модели отношений содержит общие сведения о структуре данных отдельной функциональной задачи СППР в концептуальной модели, первичным ключом которой является идентификатор отношения, однозначно определяющий отображение структуры данных концептуальной модели в интерфейс функциональной задачи. Модель атрибутов определяет характеристики (свойства) элементов структуры данных в концептуальной модели функциональной задачи, принадлежность которых определяется идентификаторами отношения и атрибута. Введение новых структур в концептуальную модель



осуществляется добавлением новых записей в модель отношений и формированием новых данных об атрибутах этого отношения. Схемы работы программного приложения ИТП при этом автоматически модифицируются в зависимости от занесенных данных в собственную модель. Тем не менее, само приложение остается без изменений и декларируется как набор:

$$P = (T, U, G, f_G, f_T),$$

где  $T = \{t_i | i \in I\}$  – множество функциональных задач приложения,  $U = \{u_j | j \in J\}$  – множество пользователей приложения,  $G = \{g_k | k \in K\}$  – множество групп пользователей,  $f_G : U \times G \rightarrow \{0,1\}$  – функция принадлежности пользователя к группе,  $f_T : (U \cup G) \times T \rightarrow \{0,1\}$  – функция доступа к функциональным задачам.

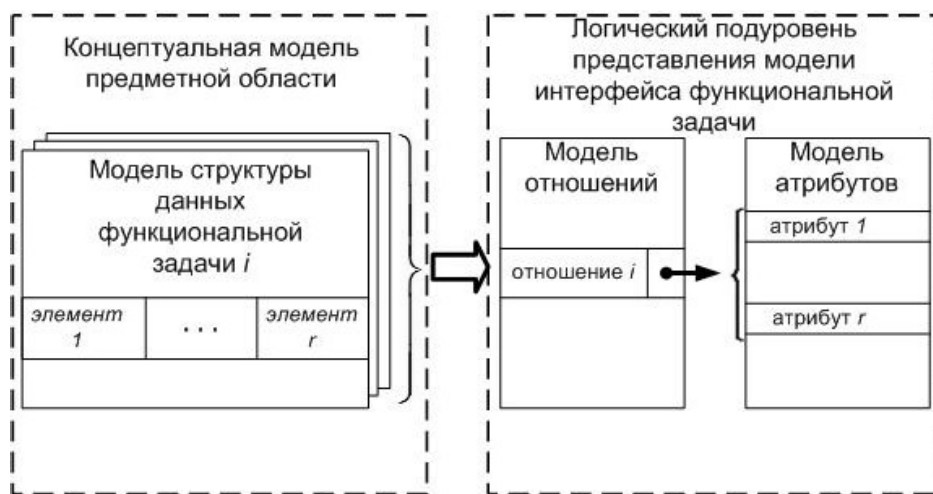


Рис. 2. - Принцип отображения объектов концептуальной модели

Функциональные задачи определяются как наборы:

$$t_i = (R, A, f_R^T, f_A^T, D, f_D, M, f_M),$$

где  $R = \{r_i | i \in I\}$  - множество структур данных функциональных задач, представленных в модели отношений  $f_R^T : T \rightarrow R$ ,  $A = \{a_y | y \in Y\}$  - множество элементов структур данных функциональных задач, представленных в модели атрибутов  $f_A^T : A \times T \rightarrow R$ ,  $D = \{d_h | h \in H\}$  - множество методов - функций обработки элементов структур данных функциональных задач  $f_D : D \rightarrow T$ ,  $M = \{m_l | l \in L\}$  - множество видов связывания структур данных, определяющих модель интерфейса функциональной задачи  $f_M : T \rightarrow M$  (таблица, дерево, карта, отчет).

Методы обработки элементов структур данных определяются как наборы:

$$d_h = (S, f_s, f_R^D, f_A^D)$$

$S = \{s_v \mid v \in V\}$  - множество моделей способов обработки данных (просмотр, редактирование, создание, удаление, поиск, формирование сводный данных, переход к сопутствующим структурам данных),  $f_s : D \rightarrow S$  - функция принадлежности способов обработки данных,  $f_R^D : D \rightarrow R$  - функция принадлежности методу обработки множества сопутствующих структур данных,  $f_A^D : A \times D \rightarrow R$  - функция принадлежности методу обработки множества элементов сопутствующих структур данных.

Применение принципов вертикальной и горизонтальной декомпозиции позволяет выделить при построении организационной структуры программного комплекса ИТП три уровня интерфейса взаимодействия с данными из собственной и концептуальной модели функциональных задач СППР:

- 1) уровень проблемно-ориентированной среды пользователя объекта автоматизации;
- 2) уровень инструментальных средств решения функциональной задачи, выбранной пользователем;
- 3) уровень реализации функции инструментального средства функциональной задачи.

Первый уровень организует работу пользователя при решении прикладной проблемы объекта автоматизации и предлагает predetermined в концептуальной модели предметной области совокупности функциональных задач. Этот уровень представлен в виде модуля «Менеджер», который воссоздает доступную совокупность и последовательность применения задач в виде иерархического меню или дерева подсистем.

Второй уровень воссоздает процедуру реализации определенной на первом уровне функциональной задачи, тип которой определяется в зависимости от установленных в концептуальной модели информационных связей элементов структур данных предметной области в интерфейсе реализации функциональной задачи. Каждая функциональная задача может использовать следующие типовые информационные связи между значениями элементов структур данных:

- простые отношения («один к одному» - списочного типа);
- структурированные отношения («один ко многим» - иерархического типа);
- функциональные отношения (между несколькими структурами с образованием новых элементов данных с помощью агрегативных функций).

В зависимости от типа отношений между значениями элементов структур данных, которые образуют задачу, в программном комплексе для простых отношений используется модуль «Таблица», для структурированных отношений - «Дерево», для функциональных отношений - «Отчет».

Модуль «Таблица» представляет реляционные структуры данных и предусматривает функции редактирования, проверки, подготовки, поиска, удаление, печати данных. Модуль «Дерево» представляет иерархические структуры данных и предусматривает те же функции, что и модуль «Таблица». Модуль «Отчет» направлен на обработку разных структур, которые находятся в простых или структурированных отношениях между собою, с использованием агрегативных (аналитических) функций для формирования новых обобщенных данных. Функциями этого модуля служат формирование, просмотр и вывод данных.

Кроме приведенных модулей, которые связаны с типами отношений между значениями элементов структур данных, для обеспечения нормального функционирования информационной системы второй уровень также включает следующие обслуживающие модули, к числу которых отнесен модуль «Регистрация» – для идентификации пользователя и определения его прав доступа к функциональным задачам и их функциям.

Третий уровень обеспечивает реализацию типовых функций, которые образуют процедуры обработки элементов структур данных функциональной задачи. Определены следующие функции:

- 1) «Карточка» – ведение (редактирование) текущей информации элементов в структуре данных;
- 2) «Вставить» – создание новой информации в структуре данных;
- 3) «Отчет» – формирование обобщенных данных из информации элементов в структуре данных;
- 4) «Поиск» – формирование запросов к базе данных;
- 5) «Удалить» – удаление информации из структуры данных;
- 6) «Обработка» – запуск процедур обработки или проверки текущих структур данных;
- 7) «Переход» – вызов других модулей;
- 8) «Строка» – считывание и управление данными реляционного типа;
- 9) «Узел» – считывание и управление данными иерархического типа;
- 10) «Просмотр» – формирование текущей информации элементов структуры данных для просмотра.

В результате будет создана системная основа формирования единой информационной среды для построения КСОУ мониторинга производственных показателей субъектов ОПЭ в составе:

- единой системы классификаторов и справочников,
- единой системы протоколов и интерфейсов,
- унифицированной структуры хранения данных,
- унифицированной системы данных реального времени и коммерческого учета производственных показателей субъектов ОПЭ.

## Выводы

Детализирован подход к проектированию объектно-ориентированной иерархической СППР, отличительная особенность которого состоит в том, что программной составляющей системы становится единый программный комплекс ИТП, интерпретирующий данные из собственной модели интерфейсов функциональных задач. Основу программной части ИТП составляет компонентная организационная структура, реализующая типовые функции способов обработки и представления структур данных, на базе которых пользователь решает функциональные задачи предметной области КСОУ.

Разработка и применение такой программной среды на предложенной платформе предоставляет единый программный продукт развертывания и сопровождения СППР, который снизит риск, сложность и затраты при переходе к новым задачам организационного управления субъектами ОРЭ.

## Список использованных источников

1. Борукаев З. Х. Компьютерная модель мониторинга энергоэффективности: информационно-технологические аспекты / З. Х. Борукаев, В. Ф. Евдокимов, К. Б. Остапченко // Энергетика та електрифікація. - 2006, №11. - С. 52-57.

2. Борукаев З. Х. Компьютерная модель мониторинга энергоэффективности: аспекты информационного моделирования / З. Х. Борукаев, К. Б. Остапченко, Л. И. Грицюк // Энергетика та електрифікація. - 2007, №1. - С. 3-7.

3. Борукаев З. Х. Подход к построению систем поддержки принятия решений для автоматизации процессов организационного управления энергорынком / З. Х. Борукаев, К. Б. Остапченко, О. И. Лисовиченко // Міжвідомчий науково-технічний збірник «Адаптивні системи автоматичного управління». - 2017. - №1(30). - С. 29-43.

4. Борукаев З. Х. Компьютерные системы организационного управления в энергетике / З. Х. Борукаев, В. Ф. Евдокимов, К. Б. Остапченко, В. Ф. Шатров. - Киев: ЦТИ Энергетика и электрификация. - 2002. - 66 с.

5. Основы автоматизации управления производством / И.М. Макаров, Н.М. Евтихий, Н.Д. Дмитриева и др.; Под ред. И.М. Макарова. – М.: Высшая школа, 1983. – 504 с.

6. Гнучкі комп'ютерно-інтегровані системи: планування, моделювання, верифікація, управління / Л. С. Ямпольський, П. П. Мельничук, К. Б. Остапченко, О. І. Лисовиченко. – Житомир: ЖДТУ, 2010. – 786 с.