

ЗАРОЧЕНЦЕВ Н. С.

**РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ «INTERNET OF ENERGY»
НА БАЗЕ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

Аннотация. В статье представлена разработка архитектуры программного обеспечения энергоинформационной системы «Internet of Energy» на базе накопителей электрической энергии. Дано описание динамической сетевой инфраструктуры, которая связывает энергетическую сеть с сетью Интернет и обеспечивает эффективное использование энергетических ресурсов. Проектирование архитектуры велось при помощи методологии RUP.

Ключевые слова: интеллектуальная энергосистема, архитектура программного обеспечения, накопитель электрической энергии, методология RUP.

ZAROCHENTSEV N. S.

**DESIGNING INTERNET OF ENERGY ARCHITECTURE
BASED ON ELECTRIC ENERGY ACCUMULATOR**

Abstract. The article presents the designing of the software architecture of the energy-information system "Internet of Energy" based on electric energy accumulator. The author gives a description of the dynamic network infrastructure that connects the power network to the Internet and ensures the efficient use of energy resources. The architecture was designed using the rational unified process.

Keywords: smart grid, software architecture, electric energy accumulator, rational unified process.

Введение. В настоящее время во всем мире наблюдается повышение спроса на электроэнергию. Потребители ожидают от поставщиков снижения тарифов на электроэнергию с увеличением показателей надежности услуг, прозрачности схем поставок и наличия возможности выбора поставщика в условиях конкурентного рынка. Разработка систем, удовлетворяющих данным требованиям, соответствует одному из основных направлений энергетической стратегии России до 2030 года [1], стимулирующему создание высоко интегрированных интеллектуальных системообразующих и распределительных электрических сетей нового поколения в Единой энергетической системе России и концепции построения интеллектуальной электроэнергетической системы с активно-адаптивной сетью.

В статье разрабатывается архитектура программного обеспечения энергоинформационной системы, которая призвана решить проблему дефицита

энергоресурсов и электроэнергии с помощью повышения энергоэффективности и энергосбережения. Планируется, что энергия в новой системе будет передаваться только в случае запроса со стороны пользователя, тем самым энергия тратится только при необходимости. Также архитектура системы предусматривает использование распределенных источников энергии, с помощью чего возможно снижение угрозы благополучию окружающей среды вследствие техногенного воздействия объектов энергетики.

1. Определение требований к системе. Требования к системе делятся на функциональные и специальные.

Функциональные требования представляют собой описание вариантов использования. Пользователь при использовании системы должен иметь возможность:

- зарегистрироваться и авторизоваться в системе;
- сформировать запрос на предоставление энергопакетов;
- уведомить систему о наличии избытка электроэнергии;
- при помощи специальных команд управлять работой накопителя электроэнергии и подключенных к нему потребителей и генераторов электроэнергии;
- получить информацию о состоянии накопителя и альтернативных источников энергии;
- получить отчет о работе системы;

Администратору сети должны быть предоставлены следующие действия:

- получить информацию о состоянии накопителя и альтернативных источников энергии;
- получить отчет о работе системы;
- получить информацию о состоянии системы.

К специальным требованиям относятся следующие требования:

- программно-технические средства компонентов системы должны соответствовать стандартам интерфейса Ethernet с использованием протокола TCP/IP;
- система должна функционировать непрерывно, за исключением периодов проведения профилактических и других работ, предусмотренных регламентом, а также устранения возникших нештатных ситуаций;
- при возникновении сбоев в аппаратном обеспечении, включая аварийное отключение электропитания, энергоинформационная система должна автоматически восстанавливать свою работоспособность после устранения сбоев и корректного перезапуска аппаратного

обеспечения (за исключением случаев повреждения рабочих носителей информации с исполняемым программным кодом);

– в системе также должны быть предусмотрены средства контроля корректности входных данных и оповещения пользователя в случае ошибочных действий.

2. Разработка архитектурной модели системы. Разработанная архитектурная модель представляет собой иерархичную систему, состоящую из четырех уровней (подсистем): Pico Grid, Nano Grid, Micro Grid и Smart Grid.

На нижнем уровне системы находится подсистема Pico Grid, которая представляет собой сложносоставное конечное устройство потребления, накопления и генерации электроэнергии. На базе данной подсистемы должны быть построены все электроустройства, находящиеся в управлении у пользователя. Устройства потребления электроэнергии будут отличаться от традиционных тем, что они будут способны оповещать о необходимом для работы количестве электроэнергии, тем самым исключая передачу излишней энергии.

На следующем уровне иерархии находится подсистема Nano Grid. Данная система включает в себя энергокоммутатор – устройство, которое координирует работу систем Pico Grid. Именно через это устройство пользователь будет взаимодействовать с рынком электроэнергии. Энергокоммутатор позволит направлять электроэнергию на электроустройства, принимать электроэнергию от генераторов электроэнергии и направлять ее в накопитель электроэнергии.

Подсистемы Nano Grid объединяются в систему Micro Grid. Данная система является минимальной единицей энергетической самодостаточной сети, то есть даже при отключении центрального источника энергии система продолжит функционировать. Для синхронизации входящих в систему устройств используется энергорутер. Все операции по передаче электроэнергии между энергокоммутаторами осуществляются через него. Именно энергорутер обеспечивает двустороннюю передачу энергии. Каждый энергорутер охватывает район города, поселок или торговый центр и при запросе с контролируемого энергокоммутатора выбирает наиболее выгодный источник энергии. Также к каждому энергорутеру подключен накопитель энергии, с помощью которого производится оперативное сглаживание пиков потребления внутри системы.

Верхним уровнем иерархии является система Smart Grid. Эта система контролирует энергорутеры целого города. Также на этом уровне осуществляется интеграция традиционных сетей и Micro Grid. Также цифровая подстанция координирует передачу электроэнергии между энергорутерами.

Контроль за всеми операциями по передаче электроэнергии производится с помощью серверов. К каждому энергокоммутатору, энергорутеру и цифровой подстанции

подключено по одному серверу. Кроме того, сервер имеет связь со всеми серверами, находящимися на уровень ниже и с сервером, объединяющим сервера его уровня. С помощью этого становится возможен контроль энергетических и финансовых транзакций.

Пример реализации вышеописанной архитектуры приведен на рисунке 1.

Стоит отметить, что на каждом уровне для объединения устройств может применяться не только топология «Звезда». В каждом случае топология должна определяться в соответствии с конкретными условиями реализации.

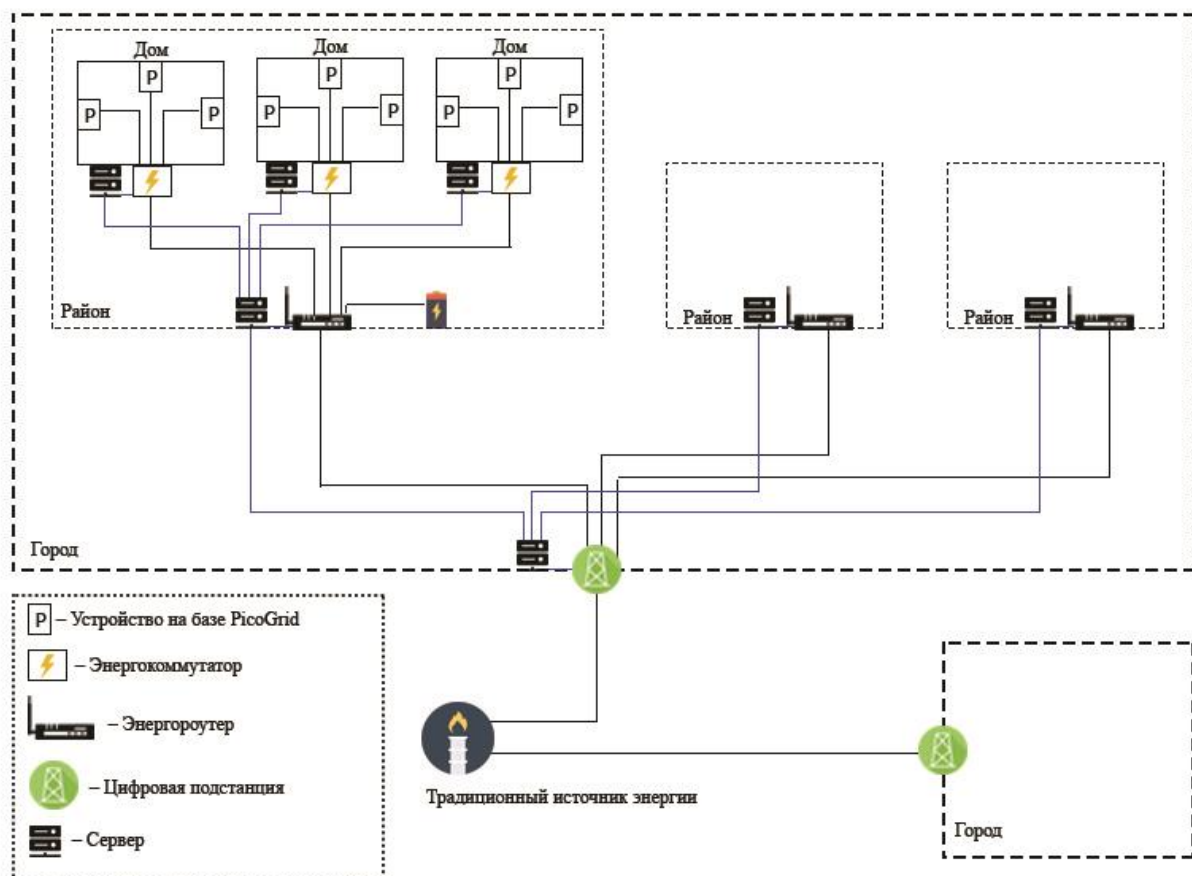


Рис. 1. Архитектурная модель системы.

3. Разработка концептуальной модели системы. Концептуальная модель описывает участников системы (актеров) и основные сценарии и варианты работы системы (прецеденты). Взаимоотношения актеров и прецедентов представлены на диаграмме вариантов использования (рис. 2).

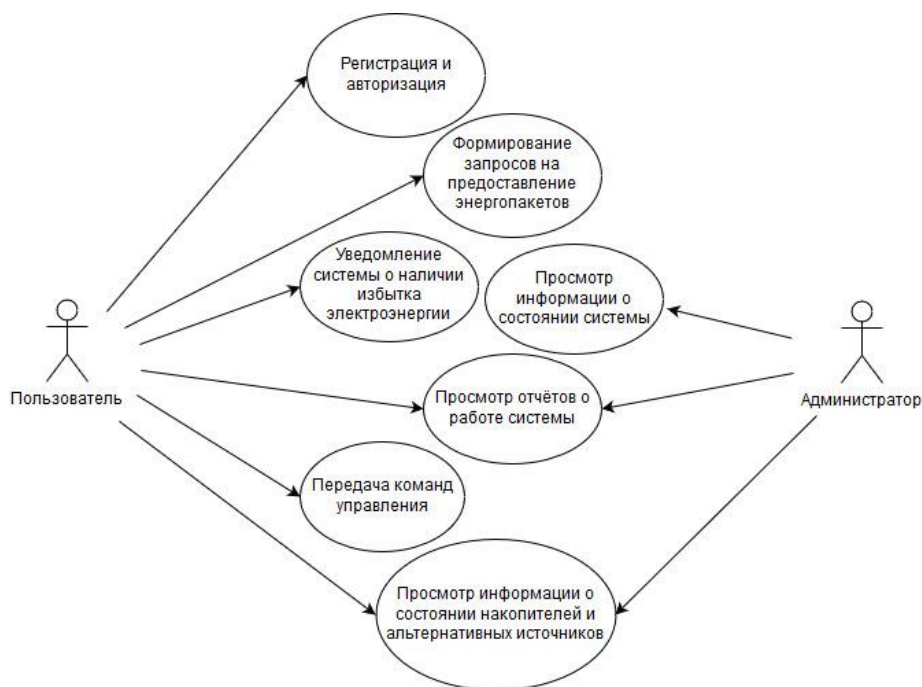


Рис. 2. Диаграмма вариантов использования.

4. Разработка логической модели системы. Логическая модель включает описание и диаграммы наиболее важных модулей системы, описания значимых классов, диаграммы последовательностей выполнения типовых задач и процессов приложения. На рисунке 3 представлена диаграмма классов системы.

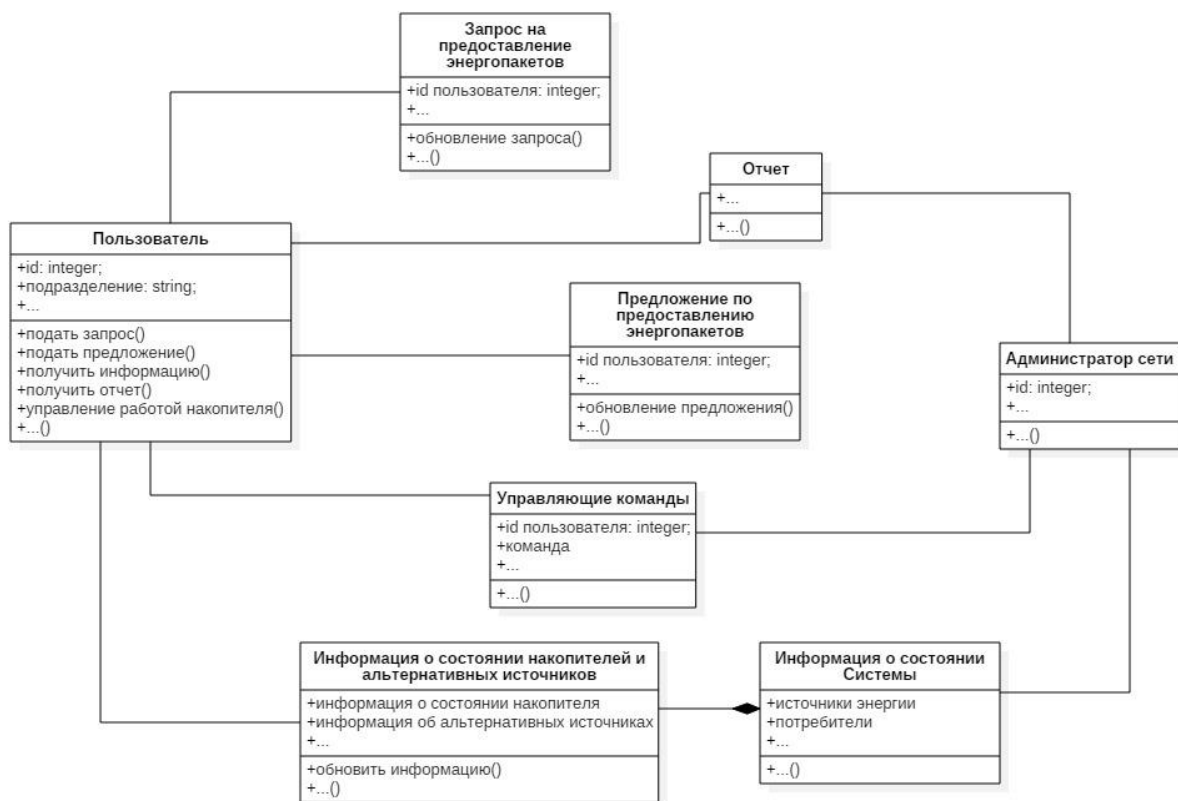


Рис. 3. Диаграмма классов.

Для демонстрации логики взаимодействия объектов системы использована диаграмма последовательностей. На рисунке 4 проиллюстрирован один из возможных сценариев работы системы при отсутствии электроэнергии на накопителе энергии пользователя.

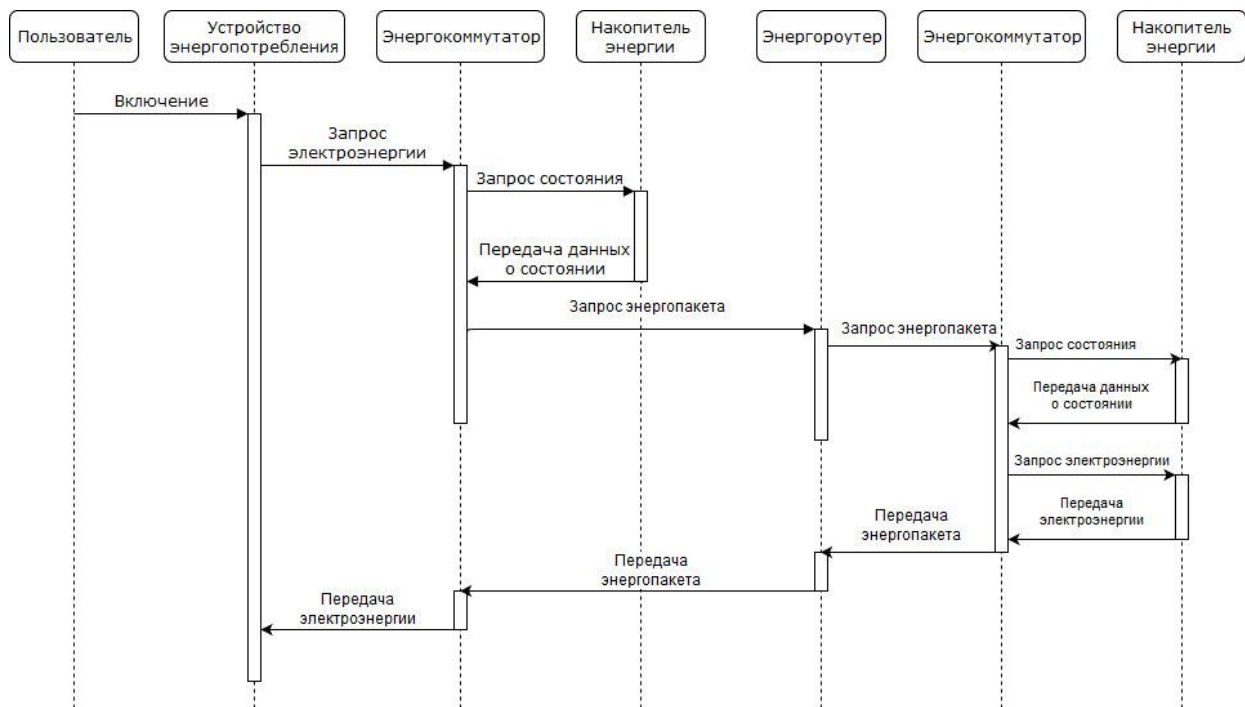


Рис. 4. Диаграмма последовательностей.

При этом стоит отметить, что, если бы в накопителе энергии пользователя имелось достаточное количество энергии, то количество произведенных операций бы значительно сократилось.

5. Разработка модели размещения системы. Модель размещения описывает варианты физического размещения элементов системы, требования к оборудованию.

Для отображения варианта физического размещения элементов энергоинформационной системы использована диаграмма развертывания, представленная на рисунке 5.

Устройства энергопотребления соединяются с энергокоммутаторами напрямую без соединения между собой. Энергокоммутаторы же объединены в некую топологию, в которой также присутствует энергорутер. Аналогично энергорутеры объединены между собой и соединены с цифровой подстанцией топологией, которая определяется индивидуально при каждой реализации.

Энергокоммутаторы кроме координации работы устройств потребления, накопления и генерации электроэнергии и передачи запросов от устройств энергопотребления к

энергорouterам осуществляют «распаковку» энергопакетов, в результате которой вместо энергии с информацией в устройства приходит лишь электроэнергия. При этом происходит понижение мощности с 100-1000 кВт до 10-50 кВт.

Энергорouterы, кроме организации передачи энергопакетов между энергокоммутаторами, принимают энергопакеты от других энергорouterов и от цифровой подстанции, понижая при этом мощность до 100-1000 кВт и напряжение до 220 В. В распоряжении каждого энергорouterа есть накопитель энергии, с помощью которого энергорouter может запастись энергией для использования ее во время дефицита и выравнивать скачки напряжения в сети во время интенсивного использования. Стоит отметить, что все городские устройства энергопотребления вроде уличных фонарей подключаются к энергорouterу через свои энергокоммутаторы.

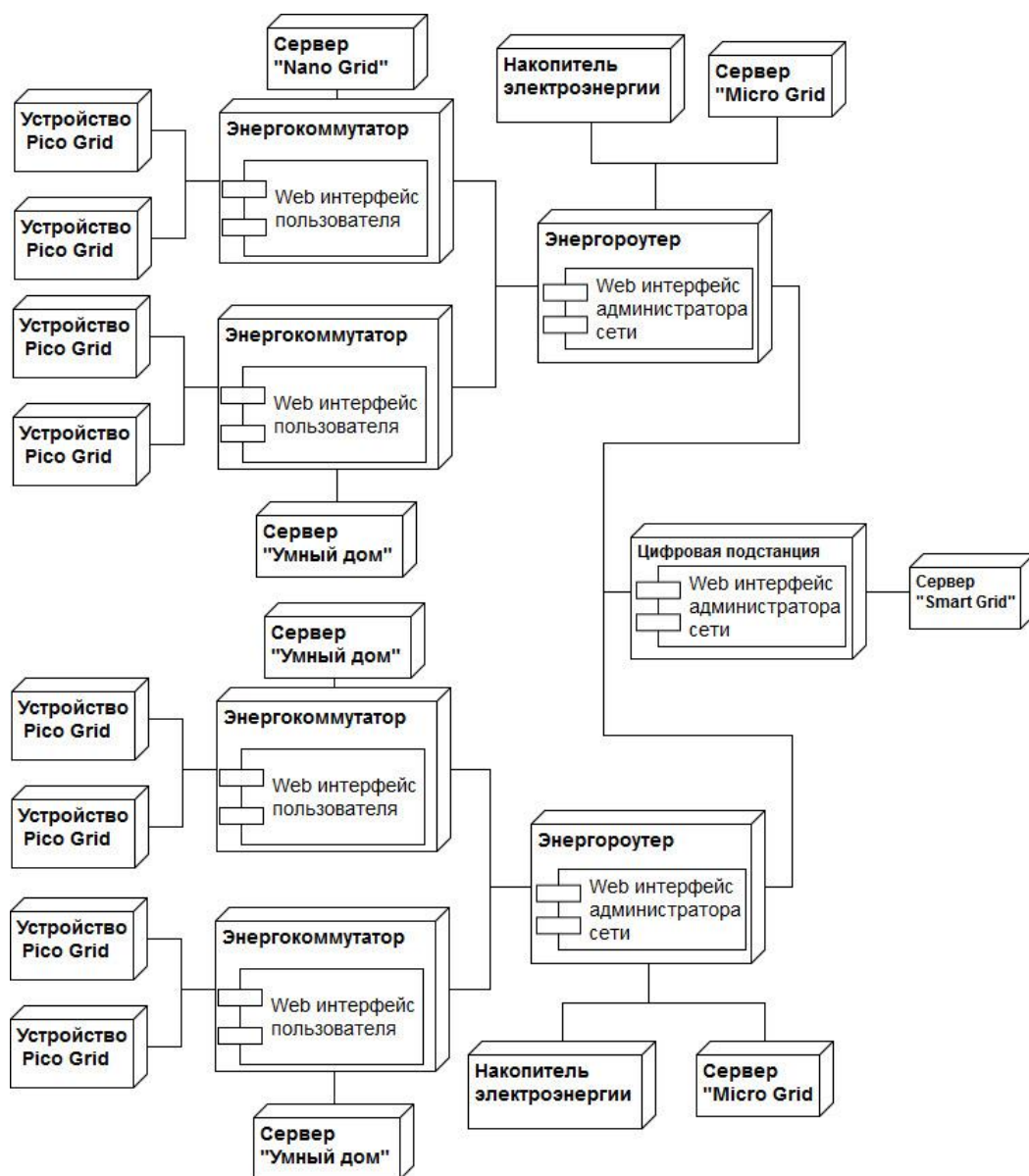


Рис. 5. Диаграмма развертывания.

Основная задача цифровых подстанций, помимо координации работы энергоустройств, – интеграция данной системы с существующей сетью электроэнергетики. Цифровая подстанция работает с токами мощностью выше 1000 кВт и напряжением от 10 до 35 кВ. Принимая электроэнергию, цифровая подстанция понижает напряжение до 10-35 кВ и формирует энергопакеты, с которыми работают энергоустройства.

Для передачи информации используется технология PLC (англ. Power Line Communications), которая позволяет использовать линии электропередач для передачи информации. Таким образом, отпадает необходимость создания сети для соединения серверов – все они будут подключены к устройствам, которые способны кроме электроэнергии передавать и информацию.

6. Разработка модели реализации. Описывает разделение системы на отдельные компоненты, независимые задачи, подпрограммы, информационные и управляющие потоки и связи между элементами системы. Для представления модели реализации используется диаграмма компонентов, представленная на рисунке 6.

Архитектура программного обеспечения энергоинформационной системы делится на три уровня: уровень представления информации, уровень логики, уровень данных.

На уровне представления информации осуществляется взаимодействие системы с пользователем. Через интерфейс пользователя производится ввод данных в систему и вывод запрашиваемой пользователем информации.

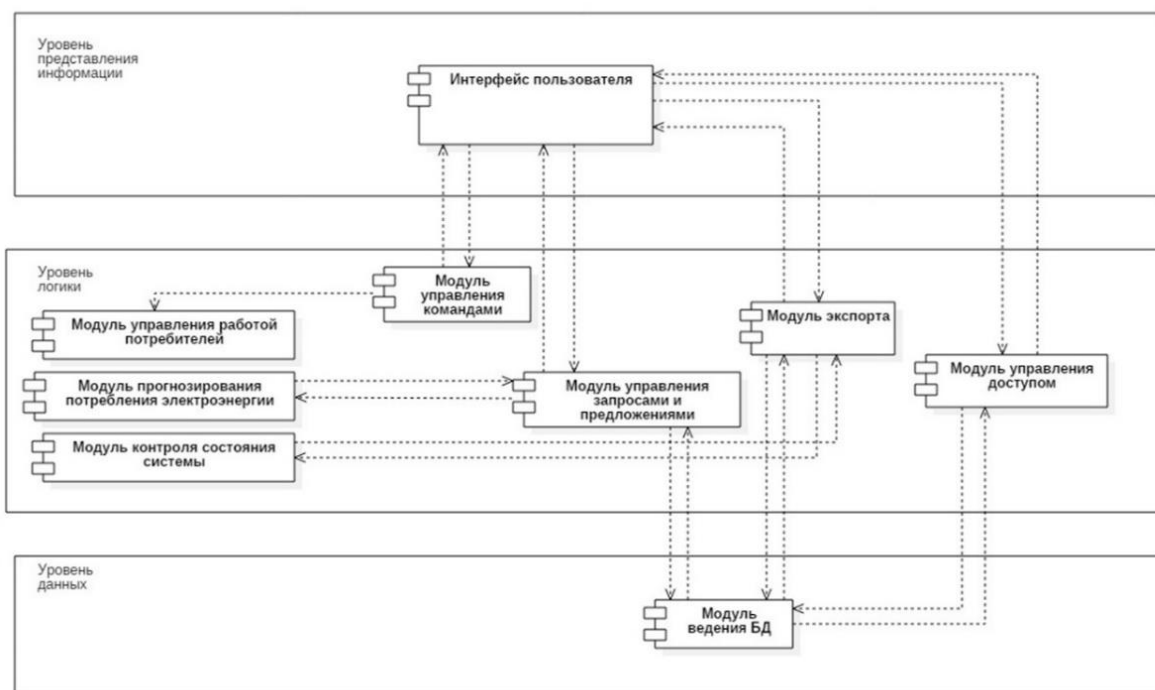


Рис. 6. Диаграмма компонентов.

Все вычисления системы производятся на уровне логики. Здесь обрабатываются команды и запросы, принимаемые от пользователя, формируются отчеты, осуществляется управление распределением энергии.

Уровень данных содержит базу данных, в которой находятся все данные о пользователях, тарифах и других данных, получаемых от пользователя или вводимых администратором сети.

Заключение. Среди проблем энергетической сферы выделяют следующие три, которые в наибольшей степени влияют на все аспекты человеческой жизни и затрагивают сами основы устойчивого развития цивилизации. Эту триаду составляют: 1) дефицит энергоресурсов и электроэнергии; 2) угроза благополучию окружающей среды вследствие техногенного воздействия объектов энергетики; 3) геополитические и социальные угрозы.

Разработанная в статье архитектура описывает систему, которая может решить первые две из указанных проблем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года, утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/1026>.