

Утверждаю
Директор института СПИНТех
НИУ МИЭТ
`Проф. _____/Гагарина Л.Г./
«___» _____ 2020 г.

Отчет по производственной практике
по теме
«Разработка программного модуля визуализации выполнения опытно-
конструкторских работ»

Направление подготовки – 09.03.04

Квалификация – бакалавр

Руководитель выпускной работы:

д.т.н., проф.

_____/Янакова Е.С./

Исполнитель:

студентка гр. ПИН-41

_____/Печенова М.А./

Москва 2020

Содержание

| | |
|---|----|
| Введение | 3 |
| 1. Исследовательский раздел..... | 4 |
| 1.1. Опытнo-конструкторские работы..... | 4 |
| 1.2. Обзор существующих программных решений обозначенной проблемы, их достоинства и недостатки..... | 5 |
| 1.3. Силовые методы построения графов. | 7 |
| 1.4. Цель и задачи исследования..... | 12 |
| 1.5. Концептуальная модель предметной области..... | 13 |
| 1.6. Требования к функционалу модуля..... | 15 |
| 2. Конструкторский раздел..... | 17 |
| 2.1. Анализ существующих языков, средств и технологий разработки | 17 |
| 2.2. Логическая и физическая модели данных | 17 |
| 2.3. Особенности реализации используемых алгоритмов обработки данных | 20 |
| 2.4. Разработка пользовательского интерфейса | 24 |
| Вывод и заключение | 27 |
| Список использованной литературы..... | 28 |

Введение

Для управления производственным процессом необходимо обладать информацией о его текущем состоянии, соответствии фактического выполнения плановым данным, случаях отклонения от плана и причинах этого отклонения.

Для промышленных предприятий, занимающихся опытно-конструкторскими работами (ОКР), важно представлять четкую схему выполнения работ, текущее положение «фронта работ» на этой схеме, наличие узких мест и т.п.

На практике отдельная ОКР может длиться несколько лет, иметь десятки этапов и сотни отдельных работ. Параллельно может проводиться несколько ОКР. Для контроля над таким объемом данных необходим инструмент, который позволит получать как сводные данные по ОКР, так и подробную информацию в различных аналитических разрезах.

Производственная практика была пройдена в ООО «Стелла», специализирующейся на разработке подобных инструментов, в частности Автоматизированной системы управления проектами ОКР «АСУП-ОКР».

Целью практики была разработка для этой системы модуля визуализации процесса выполнения ОКР. Эта задача имеет высокую практическую значимость для контроля текущего состояния ОКР одновременно по нескольким критериям оценки.

Отчет состоит из введения, исследовательского, конструкторского, технологического разделов, заключения, списка литературы.

Исследовательский раздел содержит анализ вопросов визуализации в системах управления проектами. Рассматривается перспективный вариант визуализации ОКР в виде графа. Доказывается актуальность темы работы, выполняется сравнение нескольких систем управления проектами, выявляются их достоинства и недостатки. Определяется структура входных и выходных данных.

В конструкторском разделе выбирается язык программирования и среда разработки. Проводится разработка алгоритма работы модуля. Составляется концептуальная, логическая и физическая модели данных.

Технологический раздел описывает процесс разработки и тестирования программного модуля на языке SQL и VBA.

1. Исследовательский раздел

1.1. Опытно-конструкторские работы.

Серийному производству продукции предшествует этап опытно-конструкторских работ (ОКР), на котором разрабатывается конструкция изделия, определяются технологические маршруты изготовления деталей, подбирается технологическая оснастка, выполняется регулировка и настройка электронной части изделия и т.д.

При этом весь ОКР разбивается на отдельные этапы, те в свою очередь на подэтапы, далее на отдельные работы. Некоторые работы выполняются строго последовательно, нельзя начинать следующую, пока не закончена предыдущая. Другие работы могут выполняться параллельно. Таким образом, выливаясь из первой работы поток разбивается на отдельные ручейки, которые могут дробиться дальше, могут снова сливаться вместе, а в результате объединяются в самой последней работе.

Для контроля выполнения ОКР важно оперативно получать информацию по фактическому выполнению работ, выявлять случаи отставания от плановых сроков и вносить соответствующие корректировки в производственный процесс.

На практике ОКР может длиться несколько лет, иметь десятки этапов и подэтапов, сотни работ. Одновременно на предприятии может выполняться несколько ОКР. Объем информации, подлежащей контролю, получается значительный. Своевременные средства аналитики предоставляют возможность получения информации о выполнении отдельных этапов и работ, ОКР в целом.

Однако важно не только наличие информации, но и вид, в котором она представляется. Стандартные отчеты могут быть сложны для восприятия, потому что имеют вид таблицы с множеством сливающейся информации или набора

графиков, которые показывают текущее положение на различных участках процесса, но не дают информацию о нем в общем.

Некоторым руководителям может быть важна детальная информация о каждой задаче, а некоторым общее движение по этапам. Поэтому необходимо иметь возможность выбирать отображаемые в аналитике элементы - более общие этапы или задачи, из которых они состоят. Это позволит руководителям отслеживать требуемый им “уровень” без лишней усложняющей информации. Также важно оценивать объем оставшихся работ в целом и в разбивке по исполнителям, оперативно обнаруживать случаи, когда фактическое выполнение отстает от планового, выявлять конкретные работы и конкретных исполнителей, которые являются «узким местом» и влияют на сроки выполнения ОКР в целом.

Представим себе типичную «планерку», которая проходит на предприятии. Каждый участник использует систему АСУП-ОКР и получает от нее всю информацию, которая ему требуется:

- руководитель видит обобщенную схему выполнения ОКР, выделенные цветом участки, по которым есть проблемы (отставание, переработка), ответственного по этим участкам – начальника отдела;

- начальники отдела в той же схеме видят «свои» работы на фоне общей схемы ОКР, их трудоемкость, ответственных исполнителей и т.п., следовательно оперативно могут ответить на вопросы, возникшие у руководителя;

Таким образом, для обеспечения прозрачности производственного процесса, упрощения контроля, повышения оперативности управления необходимо емкое средство представления информации, которое будет понятно всем участникам процесса, сможет нести в себе максимум информации и иметь средства настроить эту информацию «под себя».

1.2. Обзор существующих программных решений обозначенной проблемы, их достоинства и недостатки

Для анализа существующих программных решений был взят ряд распространенных на предприятиях вариантов организации и контроля

производственного процесса. В качестве самого универсального средства представлена программа Excel, в которой сотрудники предприятия самостоятельно разрабатывают и заполняют необходимые формы отчетности. В качестве специализированного программного обеспечения приводятся системы класса ERP, в которых автоматизированы все типовые информационные потоки, настроено их взаимодействие между собой, предлагаются разнообразные формы отчетности и анализа информации. Сравнительный анализ вариантов различных систем приведен в таблице 1.

Таблица 1. Сравнительный анализ аналогичных решений

| Критерий | Отчеты в Excel | Celonis Process Mining | Microsoft Project | SAP S / 4HANA | Oracle ERP |
|---|----------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Формат отчета | таблицы | граф и таблицы | таблицы, графики | таблицы | таблицы, графики |
| Наглядность | средняя | высокая | высокая | средняя | средняя |
| Возможность фильтрации по значению полей данных | да | да | да | да | да |
| Возможность выбирать тип отображаемых элементов (работа/этап) | нет | да | да | нет | да |
| Оценка соблюдения сроков | да | да | да | да | да |
| Стоимость лицензии | нет | ≈150\$ за пользователя в месяц | ≈100\$ за пользователя в месяц | ≈150\$ за пользователя в месяц | ≈80\$ за пользователя в месяц |

Из результатов видно, что разрабатывать серьезный визуальный интерфейс на Excel представляется неэффективным. В то же время использование больших специализированных программ западного производства слишком дорого, и кроме того, для определенного ряда промышленных предприятий их использование не рекомендуется.

Следовательно, практическую ценность будет иметь задача разработки нового программного модуля (ПМ), удовлетворяющего следующим требованиям:

- наглядное отображение информации в виде графа;
- возможность “свернуть” несколько задач в один этап;
- возможность оценки объема и срока работ в зависимости от размера и расположения работы или этапа на графе;
- возможность фильтрации информации по исполнителям;
- приемлемая стоимость.

1.3. Силовые методы построения графов

Основной задачей является представление структуры ОКР в виде графа в приемлемом для пользователя виде. Приемлемым будем считать отображение, когда ребра графа имеют более-менее одинаковую длину, пересечения ребер крайне редки (а еще лучше – отсутствуют), граф занимает все отведенное для него пространство на экране.

Для решения этой задачи будем основываться на классических силовых методах, которые будут дополнены элементами, соответствующими предметной области решаемой задачи.

Идея силового метода заключается в том, что вершины графа действуют друг на друга с силами, имеющими конкретное значение и вектор. Под действием этих сил вершины смещаются, и, занимая новое положение, воздействуют друг на друга уже с другим значением и направлением силы. В результате, после нескольких итераций, устанавливается равновесие, при котором обеспечивается «приемлемость» расположения вершин.

Критерием равновесия считается минимальное значение энергии данной системы. Минимальное значение потенциальной энергии системы зависит от структуры графа: количества вершин, количества ребер, констант расчета и т.д. Кинетическая энергия зависит от скорости движения вершин к положению равновесия. При достижении равновесия эта энергия будет равна нулю.

На практике абсолютного нуля система будет достигать бесконечно долго, поэтому необходимо установить эмпирическое значение ε , которое соответствует кинетической энергии при которой скорость движения вершин мала и можно считать, что они неподвижны.

Для связанных вершин используется пружинная аналогия. Согласно этой аналогии существует расстояние между двумя вершинами L_0 , при котором сила взаимодействия между ними равна нулю. В соответствии с законом Гука, если расстояние станет меньше, то вершины начнут отталкиваться друг от друга, и наоборот, если расстояние увеличится, то вершины будут притягиваться. Значение силы определяется по формуле:

$$F = k * (L - L_0) / L_0$$

направление действия силы – вдоль соответствующего ребра графа.

Для несвязанных вершин используется аналогия с силами отталкивания электрических зарядов в соответствии с законом Кулона. Это позволяет избежать ситуации, когда несвязанные вершины будут стремиться расположиться близко друг к другу или вообще в одном и том же месте.

Значение силы определяется по формуле

$$F = k * (q_1 * q_2) / (L * L)$$

направление действия силы – вдоль линии, условно соединяющей две вершины графа.

При перемещении вершин необходимо учесть силу трения, которая пропорциональна скорости движения вершины и направлена в сторону противоположную движению.

$$F_{\text{тр}} = - K_{\text{тр}} * V$$

В приведенных формулах:

k -коэффициент пропорциональности, в случае с графами подбирается эмпирически;

L - расстояние между вершинами

q – условный заряд первой и второй вершин графа

$K_{\text{тр}}$ – коэффициент трения, подбирается эмпирически.

Под действием указанных сил вершина перемещается с некоторой скоростью на некоторое расстояние. Связь силы скорости и расстояния вычисляется на основе 2 закона Ньютона:

$$F=ma = m*\Delta V/\Delta t \rightarrow f=F/m=\Delta V/\Delta t \rightarrow \Delta V=f*\Delta t$$

- f приведенная сила (сила F на единицу массы m). В случае, когда вершины равноправны, можно принять $m=1$;

- ΔV изменение скорости за период времени Δt . Период Δt соответствует одной итерации и также можно принять $\Delta t=1$;

Таким образом скорость вершины в текущий момент времени равна

$$V=V_0+\Delta V=V_0+ f*\Delta t$$

V_0 – скорость вершины в начале интервала Δt , т.е. на предыдущей итерации.

При таком расчете скорости видно, что даже если на текущей итерации сила равна нулю, то движение вершины все равно продолжится. Это позволяет преодолеть локальные минимумы кинетической энергии.

Расстояние, на которые смещается вершина

$$S(x,y)=V(x,y)*\Delta t$$

Новые координаты вершины (S_x, S_y) определяются как

$$S_x=S_{x0}+V_x*\Delta t$$

$$S_y=S_{y0}+V_y*\Delta t$$

S_{x0}, S_{y0} – координаты вершины на предыдущей итерации.

V_x, V_y – проекции скорости на координатные оси.

Для расчета необходимо выполнить следующий алгоритм:

1. Предварительно расположить вершины графа на плоскости.
2. Вычислить для каждой вершины суммарную силу упругости от взаимодействия со всеми связанными вершинами.
3. Вычислить для каждой вершины суммарную силу отталкивания от взаимодействия со всеми вершинами.

4. Вычислить для каждой вершины силу трения на основе скорости, рассчитанной в предыдущей итерации.
5. Для каждой вершины вычислить скорость, направление и величину перемещения под действием рассчитанных сил.
5. Рассчитать новые координаты вершин.
6. Выполнять пп.2-5 до достижения состояния равновесия: кинетическая энергия не превышает заданного значения ε .

Важным пунктом алгоритма является предварительное расположение вершин. Чем удачнее будет оно выполнено, тем меньше итераций потребуется для достижения состояния равновесия. Это важно с точки зрения быстродействия работы модуля.

Исходная информация для построения графа – это структура ОКР. Каждой работе можно присвоить условный номер A.BB.C, где

- A – номер этапа. На рассматриваемом предприятии их количество обычно от 3 до 10.
- B – номер подэтапа внутри родительского этапа. Уровень вложенности подэтапов может быть произвольный. На практике он не превышает 2.
- C – номер работы в каждом подэтапе.

Таким образом, простейшее предварительное расположение вершин – сверху вниз по вертикальной линии по возрастанию номера работы. На основе такого расположения итерационный расчет будет выполняться достаточно долго (до 10 секунд), но его необходимо выполнить только один раз.

В дальнейшем результаты первого расчета – итоговое расположение вершин графа – будут использоваться как предварительные, что значительно увеличит быстродействие модуля.

Классический силовой метод необходимо дополнить условиями и ограничениями, соответствующими предметной области работы. К таким особенностям относятся:

- одностороннее движение от вершины к вершине при выполнении ОКР.
- Существует однозначная последовательность работ, потому изображение графа

следует читать сверху вниз при этом самая первая работа обязательно существует и она одна. Также существует последняя работа, для выполнения которой необходимым условием является завершение всех предыдущих работ, и она тоже только одна. Вертикальная координата первой вершины всегда остается равна нулю, невзирая на рассчитанные координаты (п.5 алгоритма). Вертикальная координата последней вершины всегда остается равна 100% от высоты экрана.

- различие работ по трудоемкости. Вершины графа (работы) не эквивалентны друг другу. Какие-то из работ могут быть выполнены за день, другие за неделю. Это различие в трудоемкости необходимо учесть при визуальном отображении (размерами вершины). Кроме того, от трудоемкости должен зависеть условный заряд вершин, что приведет к отдалению от соседних на расстояние пропорциональное заряду.

- состояние выполнения работы. С точки зрения выполнения работа может быть: выполнена-не выполнена. Для формирования «фронта работ» - условной линии, отделяющей выполненную часть от не выполненной необходимо добавить силу гравитации, которая будет действовать на выполненные работы со знаком минус (направлена вверх), а на не выполненные со знаком плюс (направлена вниз).

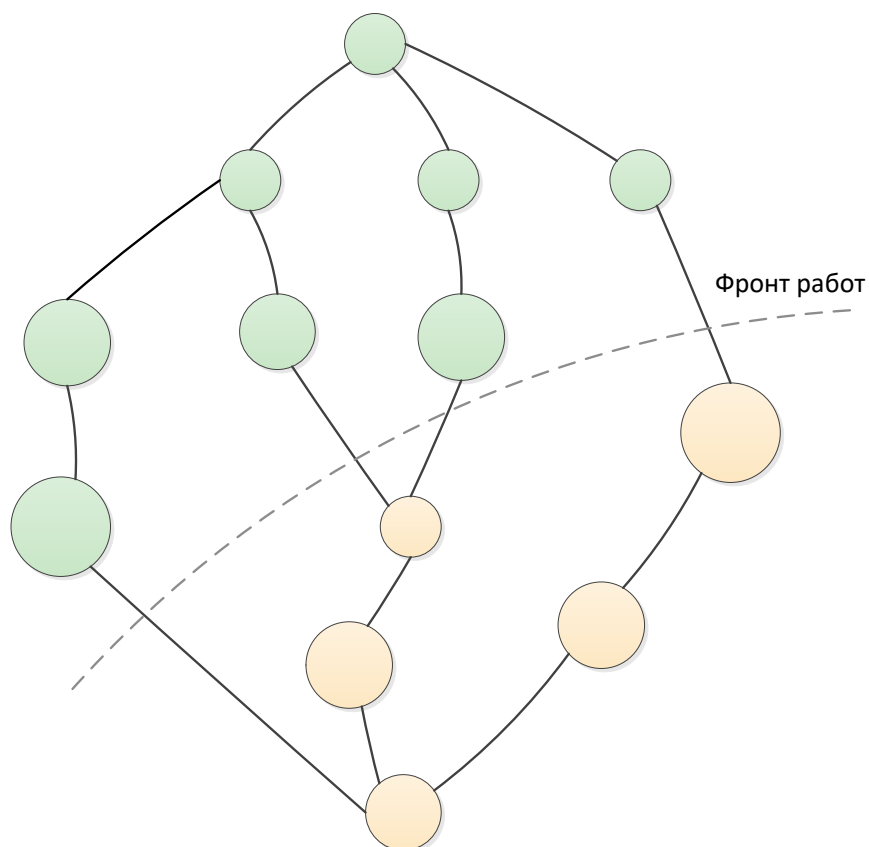


Рис.1. Визуальное отображение графа.

1.4. Цель и задачи исследования

В качестве темы практики была выбрана тема «Разработка программного модуля визуализации выполнения опытно-конструкторских работ».

Объектом исследования настоящей работы является система управления проектами. Предмет исследования – методы и алгоритмы визуального представления информации.

Целью работы является повышение эффективности анализа процесса производства путем создания ПМ, увеличивающего наглядность представляемой информации.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать способ отображения структуры ОКР в виде графа, где вершины соответствуют отдельным работам, а ребра определяют последовательность этих работ;

- отобразить текущие параметры работы при визуальном представлении вершин;

- разработать интерфейс пользователя для управления изображением;
- разработать средства администрирования ПМ;
- интегрировать разработанный ПМ в систему АСУП-ОКР.

1.5. Концептуальная модель предметной области.

Концептуальную модель можно разбить на несколько подразделов:

- объекты ОКР, описывают элементы предметной области задачи;
- объекты графа, описывают визуальные элементы графа
- объекты расчета, описывают элементы много-итерационного расчета расположения вершин графа;
- объекты интерфейса, описывают элементы настройки параметров расчета расположения вершин и пользовательского фильтра отображения графа.

Объекты ОКР описывают структуру данных для хранения информации по выполняемым на предприятии ОКР.

1. Документ ОКР. Документ имеет номер, дату, заказчика и график исполнения.

2. График исполнения представляет собой список этапов, на которые разбивается ОКР. Список может быть как одноуровневый (1,2,3...n), так и иерархический (1, 1.1, 1.2, 2, 2.1 ...). Для каждого этапа указаны сроки выполнения. График исполнения согласовывается заказчиком и исполнителем.

3. Дополнительные подэтапы. Для внутреннего пользования и удобства контроля, утвержденные этапы могут быть разбиты на более мелкие подэтапы.

4. Каждый этап/подэтап включается в себя одну или несколько работ.

5. Работа имеет трудоемкость в нормо-часах, срок выполнения, перечень должностей исполнителей, итоговый результат работы.

6. Перечень должностей исполнителей представляет собой одноуровневый список исполнителей с указанием отдела (например, инженер-конструктор I

категории - отдел перспективных разработок) и коэффициент трудового участия (КТУ) в общей трудоемкости. Сумма КТУ для работы должна равняться единице.

7. Итоговый результат работы – это вещественный результат выполнения работы. Им может быть документ (чертеж, схема, спецификация и т.п.), опытный образец, заключенный договор, согласованное ТЗ и т.д.

8. Последовательность выполнения работ. Для каждой работы указывается предыдущая (одна или несколько) которые должны быть выполнены к моменту начала текущей работы. Есть первая работа, у которой нет предыдущих. Такая работа одна. Есть последняя работа, у которой нет последующих. Такая работа тоже одна.

9. Информация о фактическом выполнении вносится рядовыми сотрудниками ежедневно в разрезе работ с указанием количества часов.

10. Если работа выполнена, т.е. достигнут итоговый результат, эта информация утверждается начальником отдела и устанавливается признак готовности работы.

Интерфейс работы с данными 1-8 приведен на рисунке.

| Наименование | Отч. док. | ТЕ(экс) | ТЕ(раб) | ТЕ(исп) | ТЕ(факт) |
|---|--|---------|---------|---------|----------|
| (4.8) Изготовление модульных узлов, кронштейнов, плат опытного образца... | Оформленная согласно НТД МСД на у... | 360 | 360 | | 01 |
| (4.19) Регулировочные, климатические испытания модульных и функциона... | Протоколы испытаний "Акт ..", Отчет... | 136 | 136 | | 01 |
| (4.26) Предъявительские, приемо-сдаточные испытания опытного образца... | Протоколы испытаний "Акт ..", Отчет... | 240 | 240 | | 01 |
| ВСЕГО | | 736 | 736 | | |

| Должность | Отдел | Сотрудник | КТУ | ТЕ, н/ч |
|---------------------------|--------------------------|-----------|-----|---------|
| Инженер-технолог | Отдел главного технолога | | 0.2 | 27.2 |
| Научный сотрудник | 31 отдел (31 отдел) | | 0.2 | 27.2 |
| Старший научный сотрудник | 31 отдел (31 отдел) | | 0.6 | 81.6 |
| ВСЕГО | | | | 136.00 |

Объекты графа это

1. Вершина графа. Представляется в виде окружности, внутри которой указывается номер работы. Номер складывается из номера этапа (подэтапа) и

порядкового номера работы внутри него. Размер окружности пропорционален трудоемкости работы. Цвет окружности определяется текущим состоянием работы (выполнена/не выполнена, отставание/опережение) и фильтром, установленным пользователем.

2. Ребро графа. Представляется в виде прямой линии без использования стрелки. Стрелка не требуется, так как выдерживается общее направление движения по графу сверху вниз. Ребро графа соединяет две вершины, соответствующие работам, связанным отношением «текущая»-«предыдущая».

Объекты расчета - это таблицы с промежуточными данными, которые заполняются при вычислении положения вершин графа. К ним относятся:

1. Матрица вершин с координатами x, y на текущей итерации.
2. Матрица сил взаимодействия между вершинами на текущей итерации
3. Матрица скоростей движения вершин на текущей итерации
4. Матрица суммарной энергии системы на каждой итерации.

Объекты интерфейса

1. Область построения изображения. Область на экране, внутри которой изображается граф. Область имеет прямоугольную форму и занимает порядка 90% экрана.

2. Область фильтра, область экрана, на которой пользователь устанавливает необходимые ему режим отображения элементов графа.

3. Средства настройки. Административный компонент, в котором настраиваются параметры расчета графа (коэффициенты силового метода) и его визуальные параметры (цвет, размер, форма).

1.6. Требования к функционалу модуля.

Как было сказано выше, отображение вершин отличается цветом и размером в зависимости от текущего состояния соответствующей работы.

Пользователь должен иметь возможность управлять изображением графа при помощи фильтра и настроек. Основными элементами фильтра являются:

- выбор исполнителя (отдела, цеха). Если выбран исполнитель, то на графе выделяются только работы, связанные с этим исполнителем. Остальные отображаются бледно серым цветом. Положение вершин графа при этом не меняется;

- выбор типа работы (ОКР, изготовление, испытания, договорная работа). Если выбран тип работы, то на графе выделяются только работы данного типа. Остальные отображаются бледно серым цветом. Положение вершин графа при этом не меняется;

- выделение типовых объектов. На графе можно выделять работы с типовыми состояниями, представляющими интерес для пользователя (отставание, текущие работы, выполненные работы, невыполненные работы). Пользователь выбирает какие объекты выделить, а какие нет.

- свернуть/развернуть ветку. Для управления степенью детализации изображения пользователь может свернуть отдельные части графа в сводную вершину. При этом положение остальных вершин изменится. Ограничением для такого воздействия является условие, что все элементы сворачиваемой ветки должны иметь одинаковое состояние с точки зрения выполнено/не выполнено.

Кроме того, для настройки модуля под конкретные условия предметной области, необходим компонент администрирования модуля визуализации. В данном случае под администрированием понимается:

- настройка расчетных коэффициентов для силового метода. Значения коэффициентов должны быть таковы, чтобы итоговые значения сил упругости и электрического отталкивания были соизмеримы друг с другом. А значение силы гравитации обеспечивало нужную ширину «фронта работ»;

- настройка соответствия трудоемкости работы и условного заряда. В зависимости от соотношения максимальной трудоемкости работы к минимальной трудоемкости работы необходимо подобрать функцию пересчета трудоемкости в заряд. Если соотношение не превышает 5, то можно использовать прямую пропорциональность, если больше 10 – то логарифмическую шкалу, в промежуточном случае – квадратичную функцию;

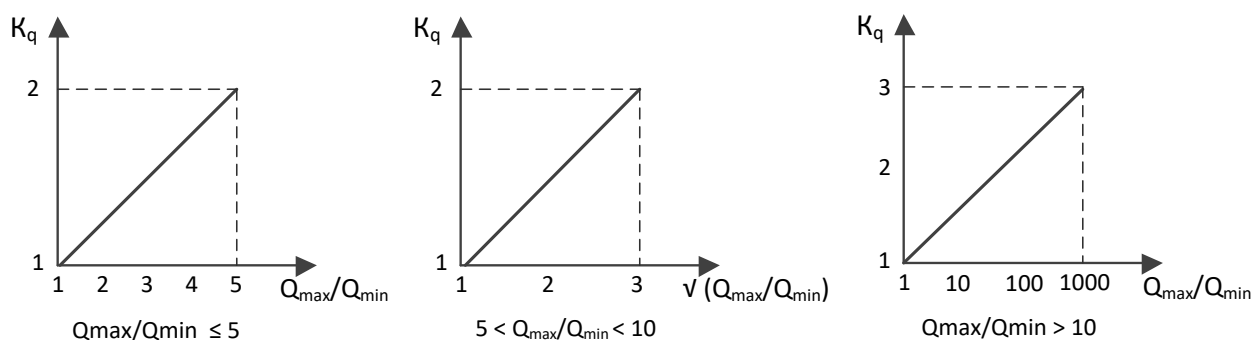


Рис.2. Варианты расчета условного электрического заряда

- настройка критерия установления равновесия системы. От этого критерия зависит количество итераций, необходимых для достижения равновесия, а значит и быстродействие модуля. Его значение необходимо подбирать экспериментально;

- настройка цветов для выделения вершин графа. Средства настройки внешнего вида графа под вкусы и потребности пользователя.

Таким образом, основными задачами администрирования являются: во-первых, обеспечить приемлемое представление графа и достаточное быстродействие для условий конкретного предприятия; во-вторых, обеспечить удобство работы для отдельного пользователя.

2. Конструкторский раздел

2.1. Анализ существующих языков, средств и технологий разработки

Так как модуль является частью большой программы АСУП-ОКР, то языки разработки были выбраны такие же, как и используемые в этой программе, – SQL, VBA.

2.2. Логическая и физическая модели данных

Логическая модель объектов предметной области приведена в таблице

| Наименование объекта | Перечень свойств | Ссылки на объекты БД |
|----------------------|-------------------------------|----------------------|
| Документ ОКР | Идентификатор документа, дата | Справочник |

| | | |
|------------------------|---|--|
| | ОКР, номер ОКР, идентификатор заказчика | заказчиков |
| Справочник заказчиков | Идентификатор элемента, наименование заказчика | |
| Этап ОКР | Идентификатор этапа, идентификатор ОКР, идентификатор родительского этапа, номер этапа, дата начала этапа, дата окончания этапа | Документ ОКР |
| Работа ОКР | Идентификатор работы, идентификатор этапа, идентификатор вида работ, порядковый номер работы в этапе, трудоемкость, дата начала, дата окончания, признак готовности | Этапы ОКР, справочник видов работ |
| Справочник видов работ | Идентификатор, наименование унифицированной работы | |
| Исполнители работ ОКР | Идентификатор, идентификатор работы, идентификатор отдела, идентификатор должности, коэффициент трудового участия (КТУ) | Работы ОКР, справочник отделов, справочник должностей. |
| Справочник отделов | Идентификатор, наименование отдела | |
| Справочник должностей | Идентификатор, наименование должности | |
| Схема выполнения работ | Идентификатор ОКР, идентификатор работы, идентификатор предыдущей | ОКР, работы ОКР |

| | | |
|----------------------------------|---|---------|
| | работы | |
| Фактическое выполнение ОКР | Идентификатор «исполнители работ ОКР», фактическая трудоемкость | раздела |

Физическая модель данных представлена в виде диаграммы на рисунке

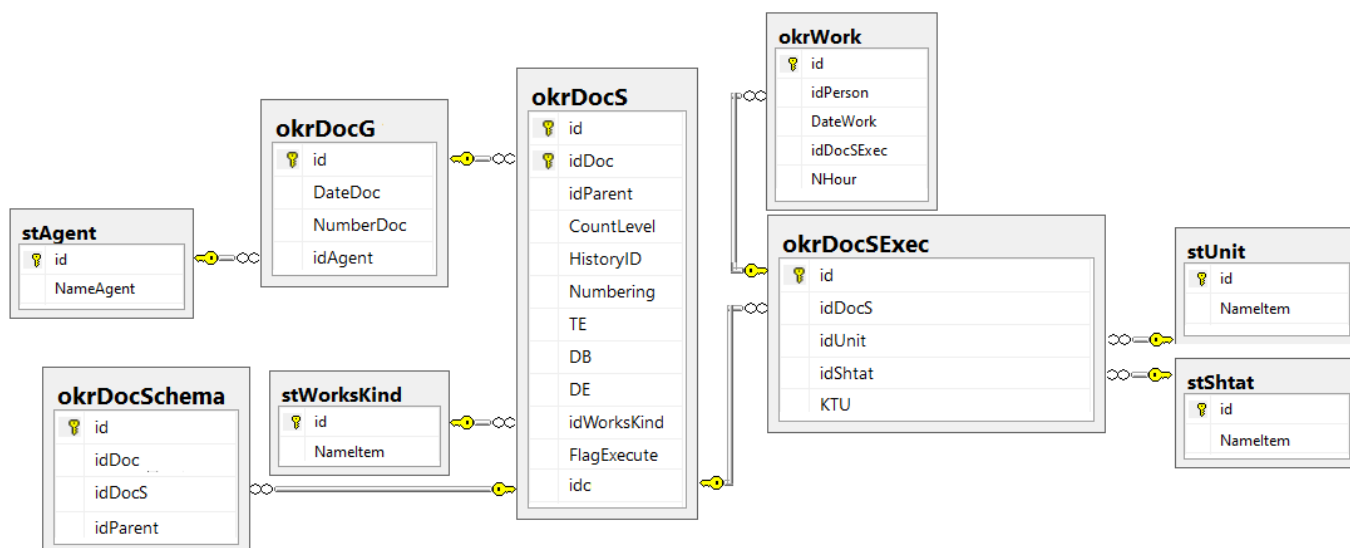


Рис. Физическая модель ОКР

Логическая модель графа и логическая модель расчета объединяются в одну, т.к. итоговые параметры графа – и расчетные значения графа на последней итерации – это одно и то же.

Физическая модель графа в виде диаграммы БД приведена на рисунке

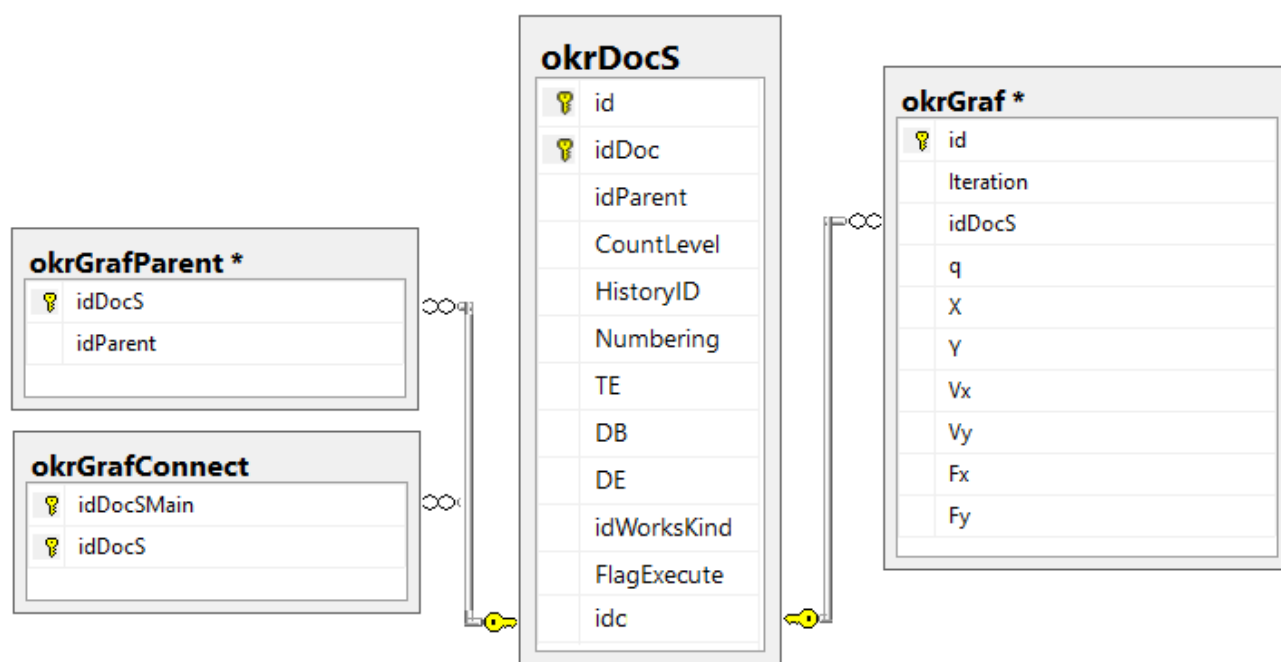


Рис. Физическая модель расчета графа

2.3. Особенности реализации используемых алгоритмов обработки данных

Общий алгоритм работы модуля приведен на рисунке.



Рис. Алгоритм работы модуля визуализации

1. Получение данных по работам ОКР.

В качестве входного параметра выступает идентификатор ОКР. На основе этого идентификатора заполняются данными таблицы `okrGraf`, `okrGrafParent`, `okrGrafConnect`. Процедура заполнения таблиц `p_okrGraf_FillData` приведена в приложении 1.

2. Считывание параметров фильтра и настроек расчета.

Из клиентской части программы формируется строка параметров, которая передается на сервер для расчета графа. В частности, параметрами, которые влияют непосредственно на результат расчета расположения вершин графа являются:

- условие равновесия системы;
- фильтр по отделу
- коэффициенты расчета сил

3. Предварительное расположение вершин графа.

Если расчет по выбранному ОКР ведется в первый раз, либо установлен параметр «полный пересчет», то вершины располагаются в порядке нумерации работ по вертикальной линии в центре области визуализации.

Если расчет по выбранному ОКР ранее уже выполнялся и никаких изменений в структуре ОКР не произошло (не были добавлены/удалены работы), то в качестве предварительного расположения вершин берем итоги последнего проведенного расчета по данному ОКР. В этом случае можно на порядок сократить время расчета.

4. Запуск итерационного расчета.

Условием равновесия системы считаем достижение ее кинетической энергии значения не превышающего ε . Т.к. кинетическая энергия зависит от скорости движения вершин, а в начальный момент времени они неподвижны, то позволяем системе «разогнаться», выполнив минимум 3 итерации без контроля значения кинетической энергии.

5. Расчет сил, действующих на вершины

Сила упругости действует на вершины, которые являются смежными. Информация об этом хранится в таблице `okrGrafConnect`. Значение силы рассчитываем по закону Гука исходя из расстояния между вершинами (X_i , Y_i) и константой $@10$

которая соответствует равновесному расстоянию между ними. Значение сил рассчитываем отдельно по осям координат.

Для случая, когда случайным образом положение двух вершин может совпасть, и сила отталкивания станет равна бесконечности выполняется соответствующая проверка. В этом случае значение силы устанавливается @DeltaF чтобы вершины несколько сместились друг относительно друга.

Если вершина соединяется с несколькими, то результат суммируется. На языке SQL это выглядит следующим образом.

```
UPDATE okrgraf SET Fx=GOR*@koefHook, Fy=Ver*@koefHook
FROM (SELECT G1.idDocS,
             GOR=SUM(CASE WHEN G2.X-G1.X<>0 OR G2.Y-G1.Y<>0
                        THEN LOG(SQRT((G2.X-G1.X)*(G2.X-G1.X)+(G2.Y-G1.Y)*(G2.Y-G1.Y))/@10)*
COS(ATN2(G2.Y-G1.Y, G2.X-G1.X))
                        ELSE @DeltaF END),
             VER=SUM(CASE WHEN G2.X-G1.X<>0 OR G2.Y-G1.Y<>0
                        THEN LOG(SQRT((G2.X-G1.X)*(G2.X-G1.X)+(G2.Y-G1.Y)*(G2.Y-G1.Y))/@10)*
SIN(ATN2(G2.Y-G1.Y, G2.X-G1.X))
                        ELSE @DeltaF END)
             FROM okrgrafconnect GC
             INNER JOIN okrgraf G1 ON G1.idDocS=GC.idDocSMain
             INNER JOIN okrgraf G2 ON G2.idDocS=GC.idDocS
             WHERE G1.Iteration=@N AND G2.Iteration=@N
             GROUP BY G1.idDocS) T
WHERE T.idDocS=okrgraf.idDocS
AND Iteration=@N
```

Сила отталкивания действует между всеми вершинами в режиме «каждая действует на каждую», соответственно в запросе исключается только воздействие вершины самой на себя. Расстояние между вершинами определяется аналогично предыдущему запросу. Результат воздействия суммируется для каждой вершины. В расчете сила отталкивания добавляется к ранее рассчитанной силе упругости.

```
UPDATE okrgraf SET Fx=ISNULL(Fx,0)-@koefQ*GOR, Fy=ISNULL(Fy,0)-@KoeffQ*Ver
FROM (SELECT G1.idDocS,
             GOR=SUM(CASE WHEN G2.X-G1.X<>0 AND G2.Y-G1.Y<>0
                        THEN G1.q*G2.q/SQRT((G2.X-G1.X)*(G2.X-G1.X)+(G2.Y-G1.Y)*(G2.Y-G1.Y))*
COS(ATN2(G2.Y-G1.Y, G2.X-G1.X))
                        ELSE @DeltaF END),
             VER=SUM(CASE WHEN G2.X-G1.X<>0 AND G2.Y-G1.Y<>0
                        THEN G1.q*G2.q/SQRT((G2.X-G1.X)*(G2.X-G1.X)+(G2.Y-G1.Y)*(G2.Y-G1.Y))*
SIN(ATN2(G2.Y-G1.Y, G2.X-G1.X))
                        ELSE @DeltaF END)
             FROM okrgraf G1
             INNER JOIN okrgraf G2 ON G1.id<>G2.id AND G1.Iteration=G2.Iteration
             WHERE G1.Iteration=@N
             GROUP BY G1.idDocS)T
WHERE T.idDocS=okrgraf.idDocS
AND Iteration=@N
```

Сила трения добавляется к ранее рассчитанным силам упругости и отталкивания. Новое значение скорости для данной итерации еще не рассчитано, В момент расчета силы трения она равна скорости вершин из предыдущей итерации.

```
UPDATE okrGraf SET
    Fx=ISNULL(Fx,0)-@koefTr*ISNULL(Vx,0),
    Fy=ISNULL(Fy,0)-@koefTr*ISNULL(Vy,0)
WHERE Iteration=@N
```

Значения коэффициентов @koefHook, @koefQ, @koefTr подбираются таким образом, чтобы числовые значения сил были соизмеримы друг с другом.

6. Расчет скоростей и новых координат

Для расчета скорости используются ранее вычисленные величины сил. В случае с первой и последней вершиной, которые имеют идентификаторы @First, @Last скорость вертикального перемещения оставляем равной нулю.

```
UPDATE okrGraf SET
    Vx=ISNULL(Vx,0)+@koefV*ISNULL(Fx,0),
    Vy=ISNULL(Vy,0)+CASE WHEN idD0cS IN (@First, @Last) THEN 0 ELSE @koefV*ISNULL(Fy,0)
END
WHERE Iteration=@N
```

Для расчета новых координат вершин используем ранее вычисленные величины скорости.

```
UPDATE okrGraf SET
    X=ISNULL(X,0)+@koefR*ISNULL(Vx,0),
    Y=ISNULL(Y,0)+@koefR*ISNULL(Vy,0)
WHERE Iteration=@N
```

Коэффициенты @koefV и @koefR предназначены для связи различным физических величин сила-скорость-перемещение и определяются настройками расчета

7. Расчет энергии системы

Общая кинетическая энергия системы определяется как сумма квадратов скоростей вершин и в случае, когда она меньше или равна заданному значению равновесия системы @Eravn устанавливается признак окончания расчета FlagEnd.

```
SELECT @FlagEnd= CASE WHEN
    @Eravn>=SUM(SQRT(ISNULL(Vx*Vx,0)+ISNULL(Vy*Vy,0))*SQRT(ISNULL(Vx*Vx,0)+ISNULL(Vy*Vy,0)
)) THEN 1 ELSE 0 END
FROM okrGraf G
WHERE Iteration=@N
```

8. Сохранение результатов расчета

Итоговое расположение вершин сохраняем в отдельной таблице. Далее они используются для построения графа, а также при последующих расчетах для предварительного расположения вершин.

```
INSERT INTO okrGrafResult(idDoc, idDocS, X,Y)
SELECT @idDoc, G.idDocS, G.X,G.Y
FROM okrGraf G
WHERE G.Iteration=@N
```

9. Вывод графа на экран

Для вывода графа результаты расчета масштабируются: максимальные и минимальные значения координат привязываются к размеру области вывода графа. Размеры и цвет вершин устанавливаются в соответствии с настройками пользователя и выбранным фильтром отображения.

2.4. Разработка пользовательского интерфейса

Пользовательский интерфейс состоит из трех частей:

- область вывода графа;
- пользовательская область настроек фильтра отображения графа;
- область администрирования.

Расположение областей интерфейса приведено на рис.

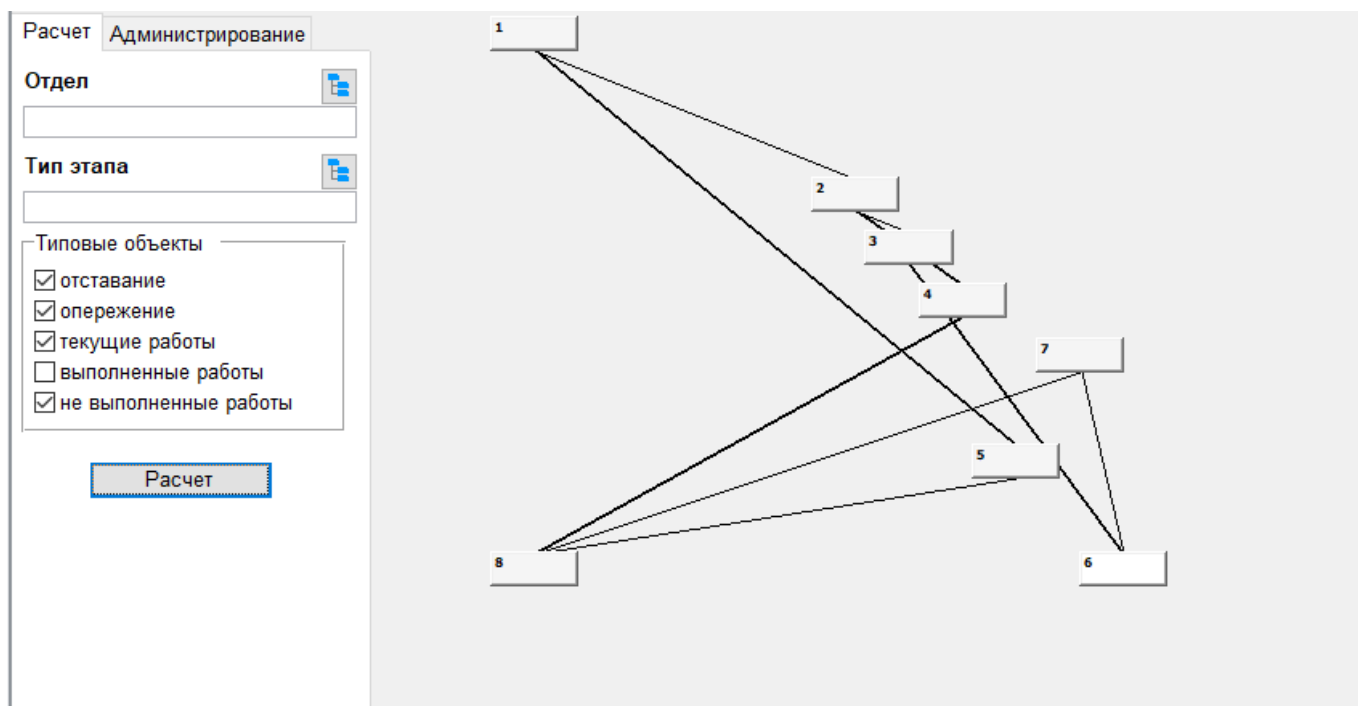


Рис. Интерфейс пользователя.

Область вывода графа занимает наибольшую площадь и представляет собой серый прямоугольник. Вершины графа условно выполнены в виде прямоугольников с номерами работ. Ребра графа соединяют смежные вершины. Расположение вершин на рисунке случайное, кроме вершин 1 и 8, которые соответствуют первой и последней работе.

Область пользовательских и административных настроек находятся на двух вкладках, расположенных в левой части экрана. Это позволяет не занимать лишнее место на экране, не создавать дополнительных форм в модуле. Также можно легко проверять доступ к административным настройкам и при необходимости запретить его.

В области пользовательских настроек располагаются объекты, позволяющие концентрировать внимание пользователя на нужных ему данных:

- выбрать конкретный отдел (цех, участок). При этом соответствующие работы выдут выделены цветом, а остальные будут серыми;
- выбрать тип работ (конструкторские, изготовление образцов, испытания и т.п.);
- выделить работы, требующие внимания (указаны 5 типовых случаев).

При нажатии кнопки «Расчет» выполняется обновление графа в соответствии с текущими изменениями производственного процесса.

На вкладке административных настроек есть раздел «Моделирование расчета» и «Параметры расчета». Содержание вкладки администрирования приведено на рис.

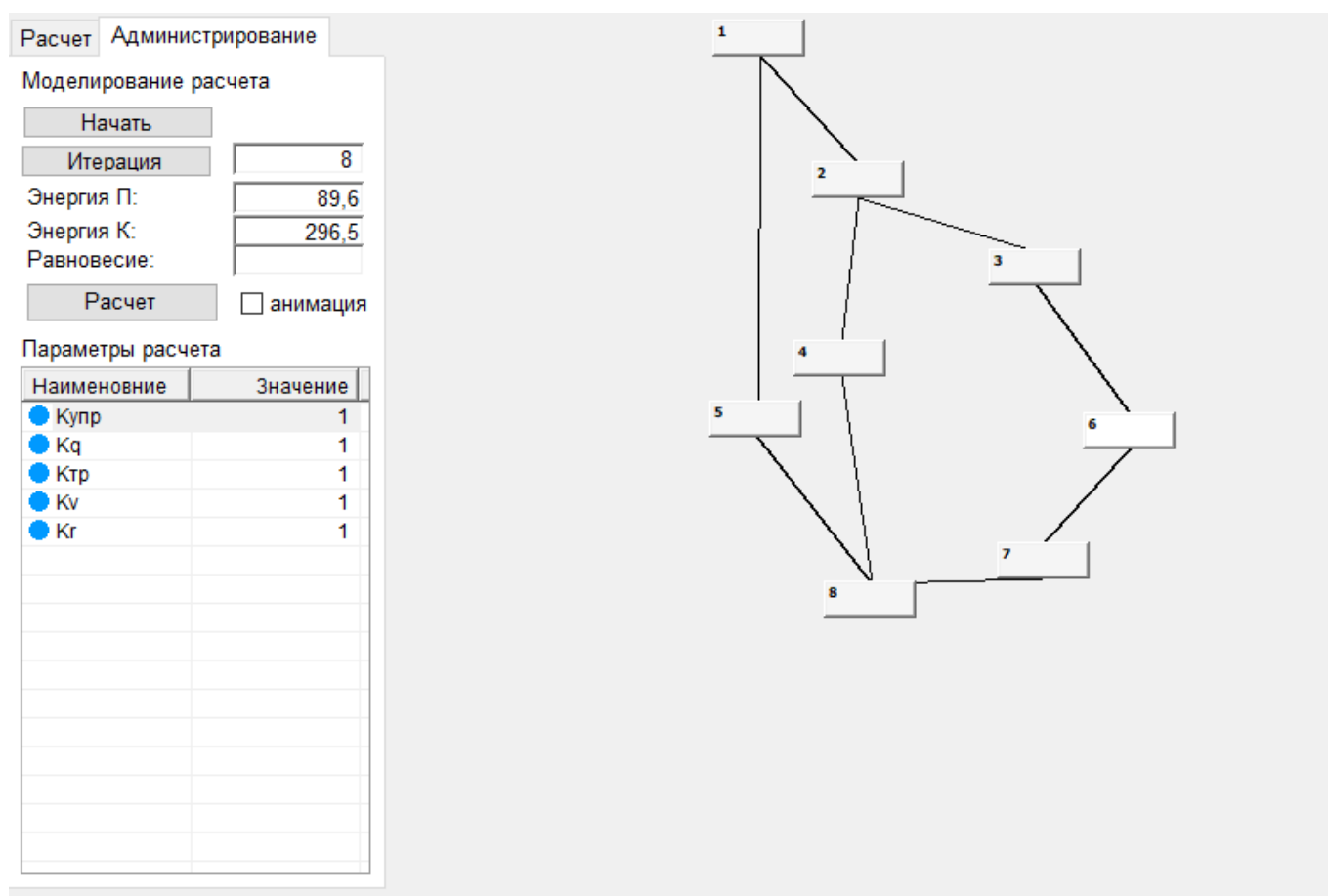


Рис. Администрирование модуля визуализации.

В параметры расчета включены все коэффициенты, которые используются при расчете расположения вершин, а также настройки цвета и размера вершин.

В разделе моделирования расчета разработана возможность пошагового выполнения расчета и контроля текущих параметров (координат вершин и энергии). На рисунке приведено положение вершин графа после 8 итерации. Видно, что граф принимает более приемлемый для восприятия облик, нежели в исходном виде.

После нажатия на кнопку «Итерация» выполняется очередной шаг расчета, вычисляется новое положение вершин и энергии системы и данные выводятся в соответствующие поля.

Другим режимом контроля расчета является запуск расчета аналогичного пользовательскому, но с анимацией каждого шага расчета. При этом итерации идут одна за другой автоматически, граф перестраивается после каждой из них. Расчет заканчивается когда количество итераций превысит заданное значение (в данном случае 200 итераций), либо когда кинетическая энергия системы упадет до заданного значения «Равновесие».

На рисунке представлено положение вершин после 31 итерации, когда кинетическая энергия системы упала ниже заданного значения.

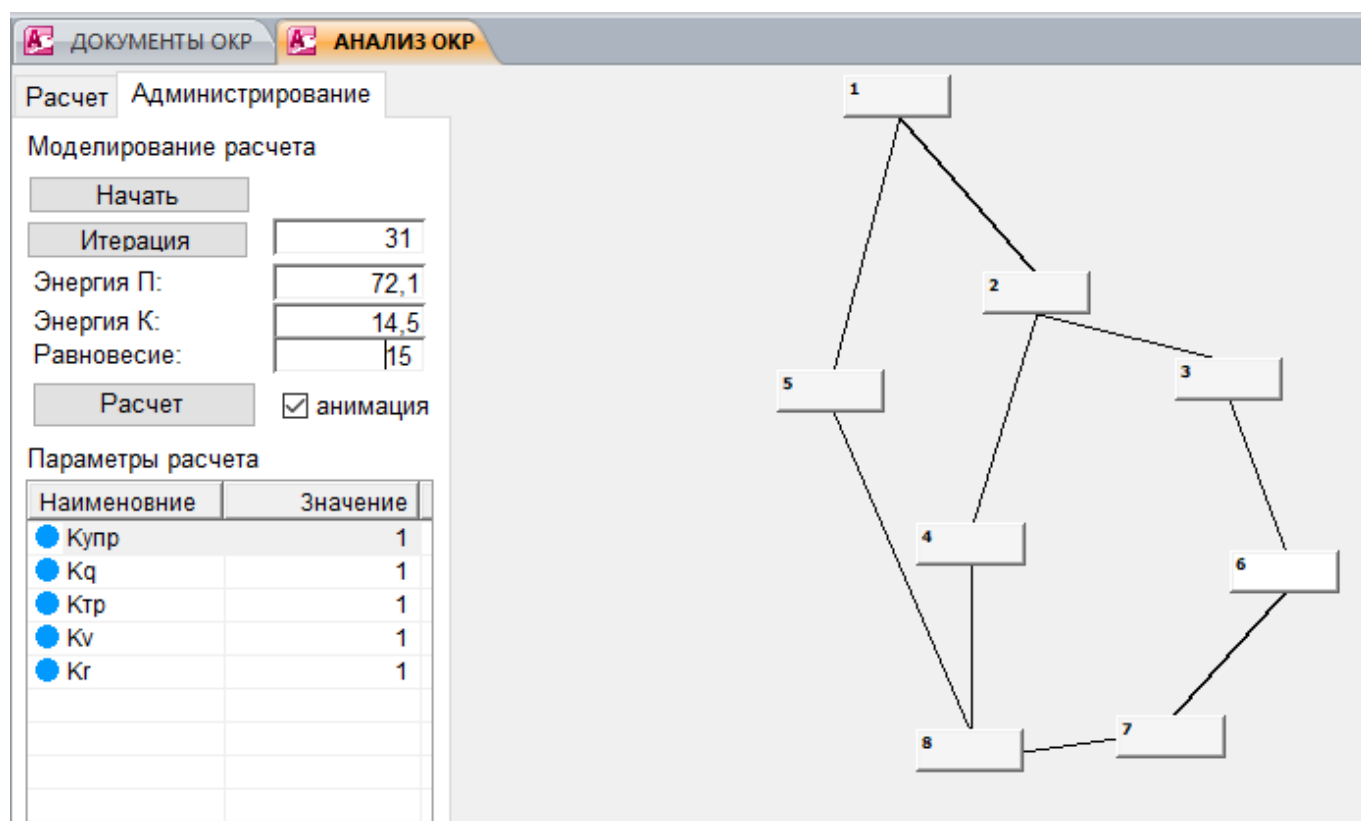


Рис. Моделирование равновесия системы.

Вывод и заключение

В рамках производственной практики я познакомилась с производственной деятельностью предприятия ООО «Стелла», в рамках которой принимала участие в работе над Автоматизированной системой управления проектами АСУП-ОКР.

В рамках АСУП-ОКР я изучила структуру базы данных, технологию взаимодействия серверной и клиентской части системы, процедуры ввода, изменения и обработки данных в системе.

Для реализации функционала модуля визуализации я на практике приобрела опыт использования языков программирования Transact-SQL и VBA.

Список использованной литературы

1. Антонов, Г.Д. Управление проектами организации: Уч. / Г.Д. Антонов, О.П. Иванова, В.М. Тумин. - М.: Инфра-М, 2018. - 64 с.
2. Володин, С.В. Стратегическое управление проектами: На примере аэрокосмической отрасли / С.В. Володин. - М.: Ленанд, 2019. - 148 с.
3. Перовошиков, Ю.С. Управление проектами в машиностроении: Учебное пособие / Ю.С. Перовошиков. - М.: Инфра-М, 2018. - 272 с.
4. Ехлаков, Ю.П. Управление программными проектами. Стандарты, модели: Учебное пособие / Ю.П. Ехлаков. - СПб.: Лань, 2019. - 244 с.
5. Грызунова Н.В. Управление проектом, использование теории графов для регулирования распределения потока ресурсов в туризме / Н. Грызунова Н.В. // Логистика. - 2013. - № 3. - С. 50-53.
6. Терехова А. Е. Проблемы управления большими и сложными проектами /А. Е. Терехова, Н. Ю. Вербa // Вестник Университета (Государственный университет управления). - 2013. - №. 2. - С. 161-165. - [Электронный ресурс]. - <http://elibrary.ru>.
7. Косякова И. В. Создание информационно-аналитической системы в управлении организации для отбора, формирования и мониторинга научно-технических проектов / И. В. Косякова, И. В. Ларионов // Вестник Самарского государственного университета. - 2012. - № 7. - С. 57-62. - [Электронный ресурс]. - <http://elibrary.ru>.
8. Курапов С.В., Чеченя В.С. Топологические методы построения рисунка графа. / С.В. Курапов, В.С. Чеченя. // Радиоэлектроника, информатика, управление – 2013.
9. Апанович, З. В. От рисования графов к визуализации информации / З. В. Апанович. - Новосибирск, РАН, 2007. -24 с.
10. Кристофидес, Н. Теория графов. Алгоритмический подход / Н. Кристофидес. - М. : Мир, 1978. - 432 с.
11. Емельянов, В. В. Теория и практика эволюционного моделирования / В. В. Емельянов, В. В. Курейчик, В. М. Курейчик. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2003. - 432 с.
12. Хопкрофт, Дж. Е. Изоморфизм планарных графов / Дж. Е. Хопкрофт, Р. Е. Тарьян // Кибернетический сборник. Новая серия. - 1975. - вып. 12.- С. 39-61.
13. Зыков, А. А. Основы теории графов / А. А. Зыков. - М. : Наука, ГРФМЛ, 1987. - 384 с.

14. Зыков, А. А. Теория конечных графов / А. А. Зыков. -Новосибирск : ГРФМЛ, 1963.- 542 с.
15. Свами, М. Графы, сети и алгоритмы / М. Свами, К. Тхула-сираман; пер. с англ. - М. : Мир, 1984. - 455 с.
16. Евстигнеев В.А. Применение теории графов в программировании. - М., Наука, 1985. - Тираж 20000 экз. - 352 с.
17. Дистель Р. Теория графов Пер. с англ. - Новосибирск: Издательство института математики, 2002. - 336 с.
18. Diestel R. [Graph Theory, Electronic Edition](#). — NY: Springer-Verlag, 2005.
19. Басакер Р., [Саати Т. Конечные графы и сети](#) = Finite Graphs and Networks. — М.: Наука, 1974. — 368 с.
20. Берж К. [Теория графов и её приложения. М.: ИЛ, 1962. 320с.](#)
21. [Асельдеров З.М., Донец Г.А. Представление и восстановление графов - К.:Наукова Думка, 1991, 96 стр.](#)
22. [Камерон П., ван Линт Дж. Теория графов, теория кодирования и блок-схемы - М.:Наука, 1980, 140 стр.](#)
23. Касьянов В.Н. Применение графов в программировании // Программирование. — 2001. — № 3. — Р.51–70.
24. Колдаев В.Д. Основы алгоритмизации и программирования: Учебное пособие. / В.Д. Колдаев. – М.: Форум – Инфра_М. С. - 413
25. Апанович З.В. средства для работы с графами большого объема: построение и оптимизация компоновочных планов. // Системная информатика. Вып. 10: Методы и модели современного программирования. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006. С. 7-58.
26. Апанович З.В. Методы заполнения пространства и их применение для визуализации информации и бизнес-аналитики. // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Тр. XI Межд. Конф. С. 563-572.
27. Бабурин Д.Е. Иерархический подход для автоматического размещения ациклических графов [Электронный ресурс]. - https://www.iis.nsk.su/files/articles/sbor_kas_09_baburin.pdf
28. Соколов Г.В. Анализ алгоритмов автоматической укладки графов на плоскости в рамках задачи визуализации моделей на графах [Электронный ресурс]. - <https://cutt.ly/8yktbFM>
29. Силовые методы визуализации графов [Электронный ресурс]. - https://ru.wikipedia.org/wiki/Силовые_алгоритмы_визуализации_графов
30. Пупырев С.Н., Тихонов А.В. Визуализация динамических графов для анализа сложных сетей [Электронный ресурс] - http://mais.uniyar.ac.ru/sites/default/files/journal/private/17_1_117-135.pdf

31. Силовые алгоритмы расположения вершин на плоскости [Электронный ресурс]. -
https://vuzlit.ru/949015/silovye_algoritmy_raspolozheniya_vershin_ploskosti#958