

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РАСЧЕТОМ СЛОЖНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ НА БАЗЕ МЕТОДА РАЗДЕЛЕНИЯ ОБЪЕКТА НА ПРОЕКТНЫЕ ЕДИНИЦЫ

Д.И. Кислицын

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

Описывается реализация вычислительной системы на базе локальной компьютерной сети проектной организации, позволяющей при незначительных финансовых затратах существенно ускорить процесс проектирования сложных строительных объектов. В основе разработанной системы лежит метод разделения объекта на проектные единицы. Подготовка данных (расчётные схемы, нагрузки, тепловые и другие воздействия) для проектных единиц выполняется проектировщиками параллельно на своих персональных компьютерах (ПК). Расчёт объекта как единой конструкции также выполняется на ПК проектировщиков под управлением специальной разработанной программы, обеспечивающей механическую совместимость проектных единиц. Применение данной системы позволяет распараллелить выполнение наиболее трудоёмких работ.

Метод разделения на проектные единицы впервые был разработан для упругих стержневых конструкций при силовых воздействиях и при разделении объекта на две проектные единицы [1, 2]. Кратко рассмотрим здесь данный метод.

Положим, что проектируемый объект B условно разбит на конечное число N проектных единиц (ПЕ) $e_1, \dots, e_n, \dots, e_N$ поверхностями $R_{n,m}$ и $R'_{n,m}$, где n, m – номера условно-разделяемых элементов (рис. 1).

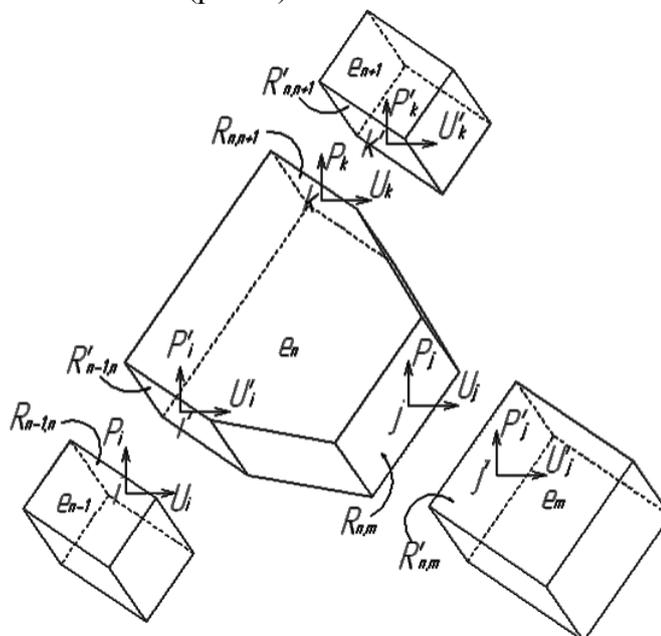


Рис. 1. Проектные единицы после условного разъединения

Условимся считать, что в каждом сечении взаимодействие условно разъединяемых элементов осуществляется через конечное множество $I_{n,m} = \{\dots, j, \dots\}$ «точек взаимодействия», где j – номер точки. Такими точками могут быть в расчётной схеме концы

условно перерезаемых стержней, узлы конечных элементов или суперэлементов и т.п. Ограничимся для простоты рассуждений только механическим взаимодействием элементов разделения.

Пусть $P^*(t) \equiv P^*$ – совокупность изменяющихся во времени t воздействий на объект B и P_n^* – часть P^* , приходящаяся на элемент e_n ($n = 1, 2, \dots, N$). Тогда в каждый момент времени взаимодействие каждой пары соседних элементов e_n и e_m будет характеризоваться совокупностью векторов обобщённых усилий P_j и обобщённых перемещений U_j ($j \in I_{n,m}$). Тогда условиями совместной работы разделённых элементов будут условия равновесия

$$P_j + P'_j = 0$$

и совместности

$$U_j = U'_j.$$

Вычислительная система для проектирования сложного строительного объекта может состоять из рабочих станций $\dots, PC_{n-1}, PC_n, PC_{n+1}, PC_m, \dots$ и сервера, соединённых в локальную вычислительную сеть типа «звезда». Функции сервера может выполнять и одна из рабочих станций.

Опыт разработки автоматизированной системы управления расчётом сложных строительных объектов на базе метода разделения объекта на проектные единицы [3–5] показал, что практическая реализация системы сводится к решению следующих задач: разработка базы данных для централизованного хранения всех необходимых в процессе расчёта данных; разработка графического интерфейса пользователя; организация клиент-серверного взаимодействия между проектировщиками и сервером; формирование исходных данных на входном языке базового программного средства; управление базовым программным средством; графическое отображение структуры и параметров модели; формирование и решение систем уравнений; организация сбора и анализа результатов расчёта.

К настоящему времени в ННГАСУ разработана и проходит тестирование вторая версия системы, позволяющая проектным организациям при незначительных финансовых затратах существенно ускорить процесс проектирования сложных строительных объектов. Система была разработана в среде Microsoft Visual C# 3.5. В качестве СУБД в разработанном программном комплексе используется свободно распространяемая версия Microsoft SQL Server 2008 Express.

Структурная схема, иллюстрирующая работу разработанного программного средства, представлена на рис. 2. Проектировщики взаимодействуют с системой через графический интерфейс (блоки 1, 3, 5, 10). Подсистема графического отображения модели (блок 1а) позволяет проектировщикам визуально проверить структуру модели и взаимосвязи между проектными единицами. Клиент-серверное взаимодействие реализовано через блоки 0, 2, 4, 6, 7, 11, 15, 20, 21. Исходные данные на входном языке базового программного средства (в данной версии реализована поддержка ПК «Лира») формируются в блоках 8, 12, 17. За управление базовым программным средством отвечают блоки 13, 18. Формирование и решение системы уравнений реализованы в блоках 14, 16. Сбор и анализ результатов расчёта выполняется в блоках 19, 22.

Графический интерфейс позволяет работать в двух режимах: ГИП – главный инженер проекта и Проектировщик (рис. 3), обеспечивая тем самым взаимодействие ГИПа и проектировщиков с вычислительной системой в интерактивном режиме.

В режиме ГИП (рис. 2, блок 1) главный инженер проекта вводит:

- фамилию и свой личный идентификационный номер (ИД);
- данные об объекте (наименование объекта, шифр проекта);
- количество проектных единиц (ПЕ);

- фамилии проектировщиков, которые будут рассчитывать «свои» ПЕ;
- ссылки на чертежи (рисунки) и иную проектную документацию для проектировщиков по каждой ПЕ.

Ввод данных о связях между ПЕ и их геометрических параметрах ГИП согласует с проектировщиками.

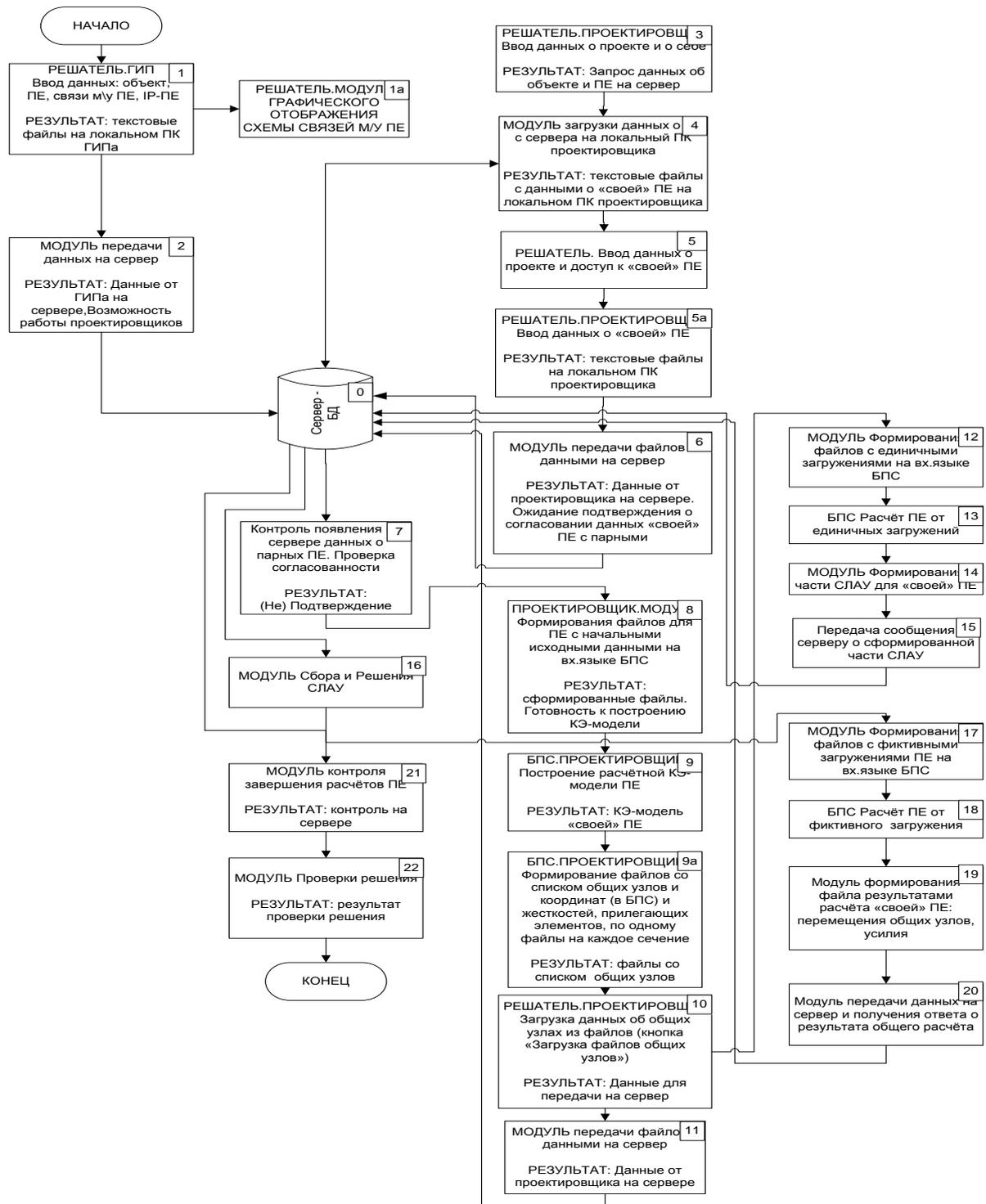


Рис. 2. Структурная схема разрабатываемой системы

Для связи с сервером в меню Настройки задается его IP-адрес. Все введенные данные ГИП может сохранить в файл или загрузить из файла соответствующими кнопками

(Сохранить, Загрузить, Очистить). После ввода всех необходимых данных ГИП кнопкой «Передать на Сервер» сохраняет данные в БД на сервере. Проект становится доступен для работы другим проектировщикам. Конструкторы работают в режиме «Проектировщик». Каждый проектировщик входит в систему под своей учётной записью и в соответствии с данными БД получает доступ только к «своему» проекту и «своей» ПЕ. Над одним проектом одновременно могут работать неограниченное число проектировщиков.

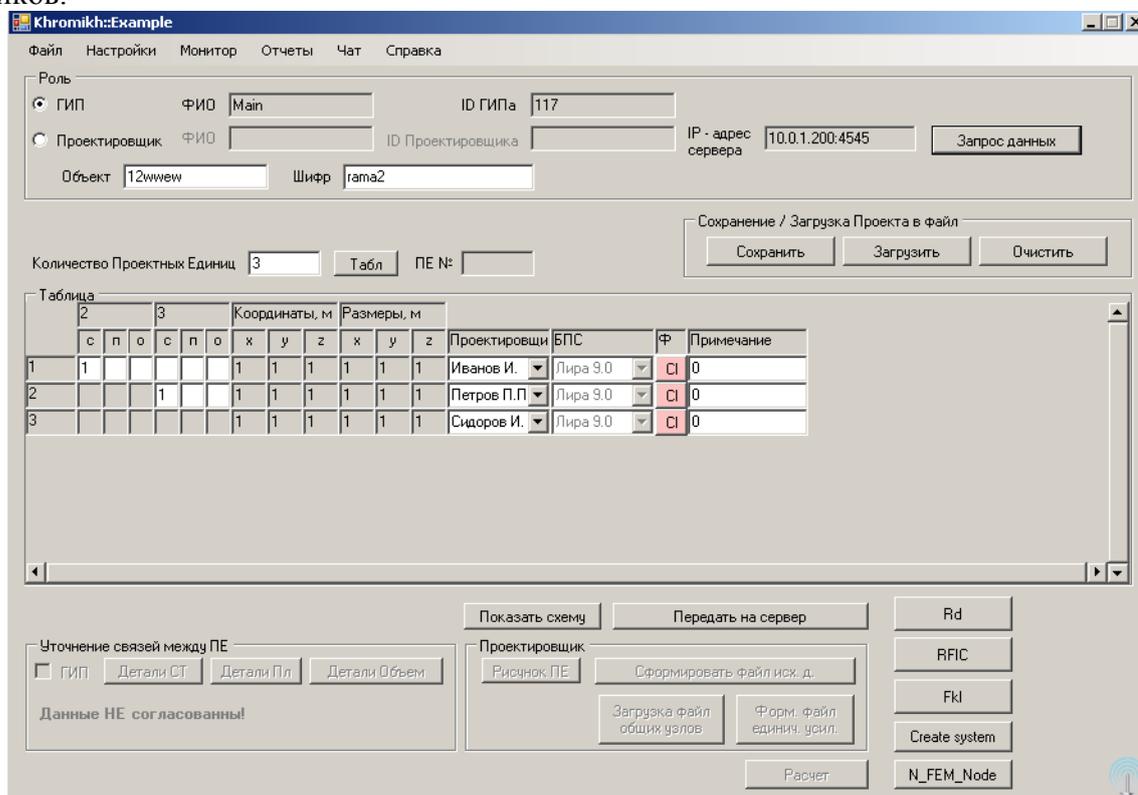


Рис. 3. Главная форма работы с программой

По нажатию кнопки «Запрос данных» в форму проектировщиков из БД подгружается введённая ГИПом информация по проекту (рис. 2, блок 3). Далее проектировщики в отдельной форме, открывающейся по кнопке «Детали СТ», указывают базовое программное средство (БПС) для «своей» ПЕ и координаты общих узлов (рис. 2, блок 5). После ввода данных, уточняющих взаимосвязи между ПЕ, необходимо согласовать эти данные кнопкой «Согласовать данные». После автоматического согласования координат общих узлов на сервере проектировщики строят в БПС модели «своих» ПЕ, а затем кнопкой «Загрузка файлов общих узлов» через соответствующую форму загружают сформированные проектировщиками в БПС файлы со списками номеров и координат общих узлов в системе БПС для передачи в БД на сервер (рис. 2, блок 10). Далее, на всех локальных компьютерах проектировщиков выполняется автоматический расчёт объекта по методу разделения на ПЕ с последующей автоматической проверкой полученных результатов расчётов. Результаты сохраняются в БД сервера, а также выводятся в виде сообщений проектировщикам и ГИПу. Файлы с моделями ПЕ и результатами расчётов сохраняются на локальных компьютерах проектировщиков. Таким образом, проектировщики могут продолжить работу с ПЕ, например, подготовить конструкторскую документацию.

Подсистема клиент-серверного взаимодействия построена по трехуровневой архитектуре в виде совокупности трех компонент: сервера базы данных, клиентского приложения и сервера приложений, отвечающего за выполнение логики приложения. Вы-

бор данной архитектуры во многом обусловлен тем, что в классической двухуровневой клиент-серверной архитектуре помимо сложности масштабирования, существует и необходимость установления соединения между базой данных и каждым работающим с системой пользователем. Преимуществом выбранной трехуровневой модели является то, что в ней сервер базы данных отвечает только за хранение данных и обработку запросов.

Подсистема формирования исходных данных на входном языке базового программного средства создаёт и модифицирует текстовые файлы на входном языке выбранного базового программного средства (в данной версии реализовано взаимодействие с ПК «Лира»). В блоке 8 выполняется формирование файла, содержащего общие для смежных ПЕ узлы. В блоке 12 в файл ПЕ добавляется информация о единичных нагрузках. В блоке 17 в файл ПЕ добавляется информация о вычисленных усилиях взаимодействия.

По результатам расчёта ПЕ от действия единичных усилий подсистема сбора и анализа результатов расчёта формирует файл с данными о перемещениях общих узлов (рис. 2, блок 19), а по итогам всех расчётов выполняет проверку решения (рис. 2, блок 22).

Вычисление усилий взаимодействия выполняется подсистемой формирования и решения систем уравнений (рис. 2, блоки 14, 16). Система формируется на основании результатов расчёта ПЕ от единичных усилий, которые посредством подсистемы клиент-серверного взаимодействия передаются в БД сервера.

Расчёты ПЕ от единичных усилий (рис. 2, блок 13) и усилий взаимодействия (рис. 2, блок 18) выполняются на базовых программных средствах, управление которыми осуществляется через подсистему управления базовым программным средством.

Разработанная система автоматизирует и достаточно строго формализует технологию расчёта сложных строительных объектов методом разделения на проектные единицы.

Литература

1. Супрун А.Н., Кислицын Д.И. Распараллеливание вычислительных расчётов строительных конструкций на персональных компьютерах // Известия ВУЗов. Строительство. Новосибирск. 2006. №5.
2. Кислицын Д.И., Супрун А.Н. Программный модуль для расширения функциональных возможностей вычислительного комплекса «Лира» // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2008. V. 4, Iss. 2. Moscow, New York.
3. Супрун А.Н., Кислицын Д.И., Скороходов В.В. Проблемы построения автоматизированных систем конструкторского расчёта строительных объектов в распределённых вычислительных средах // Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений: Материалы III Международного симпозиума / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т. (НПИ). Новочеркасск, 2010.
4. Suprun A.N., Kislitsyn D.I. Distributed computing for construction project design by division into project design units // Computing in Civil and Building Engineering, Proceedings of the International Conference. Nottingham, 2010.
5. Suprun A.N., Kislitsyn D.I. The multilevel parallelization of structural design calculation in distributed computing environment // 14th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering (14th ICCBE). Moscow, 2012.