

УДК 624.04

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РАСЧЁТОМ СЛОЖНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ НА БАЗЕ МЕТОДА РАЗДЕЛЕНИЯ ОБЪЕКТА НА ПРОЕКТНЫЕ ЕДИНИЦЫ\***

© 2013 г.

Д.И. Кислицын

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

kislitsyn@nngasu.ru

Поступила в редакцию 13.02.2012

Описана реализация вычислительной системы на основе метода разделения объекта на проектные единицы. Система строится на базе локальной компьютерной сети проектной организации и позволяет существенно ускорить процесс проектирования сложных строительных объектов. Подготовка данных для проектных единиц и их расчёт могут выполняться параллельно на персональных компьютерах проектировщиков.

*Ключевые слова:* расчёт строительных объектов, метод разделения на проектные единицы, параллельные технологии.

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).

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

- 1) разработка базы данных для централизованного хранения всех необходимых в процессе расчёта данных;
- 2) разработка графического интерфейса пользователя;
- 3) организация клиент-серверного взаимодействия между проектировщиками и сервером;
- 4) формирование исходных данных на входном языке базового программного средства;
- 5) управление базовым программным средством;
- 6) графическое отображение структуры и параметров модели;
- 7) формирование и решение систем уравнений;
- 8) 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

\*Статья рекомендована к публикации программным комитетом конференции «Высокопроизводительные параллельные вычисления на кластерных системах».

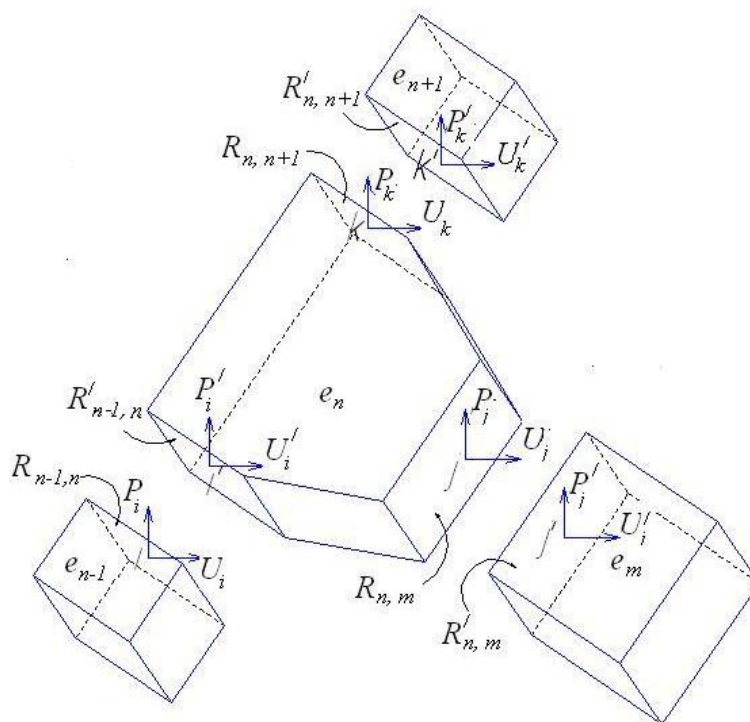


Рис. 1. Проектные единицы после условного разъединения

разработана в среде Microsoft Visual C# 3.5. В качестве СУБД в разработанном программном комплексе используется свободно распространяемая версия Microsoft SQL Server 2008 Express. Схема данных представлена на рис. 2.

Структурная схема, иллюстрирующая работу разработанного программного средства, представлена на рис. 3. 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. 4), обеспечивая тем самым взаимодействие ГИПа и проектировщиков с вычислительной системой в интерактивном режиме.

В режиме ГИП (рис. 3, блок 1) главный инженер проекта вводит:

– фамилию и свой личный идентификационный номер (ID);

– 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.

Для связи с сервером в меню «Настройки» задается его IP-адрес. Все введённые 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.

По нажатию кнопки «Запрос данных» в форму проектировщиков из БД подгружается введённая ГИПом информация по проекту (рис. 3, блок 3). Далее проектировщики в отдельной форме, открывающейся по кнопке «Детали СТ», указывают базовое программное средство

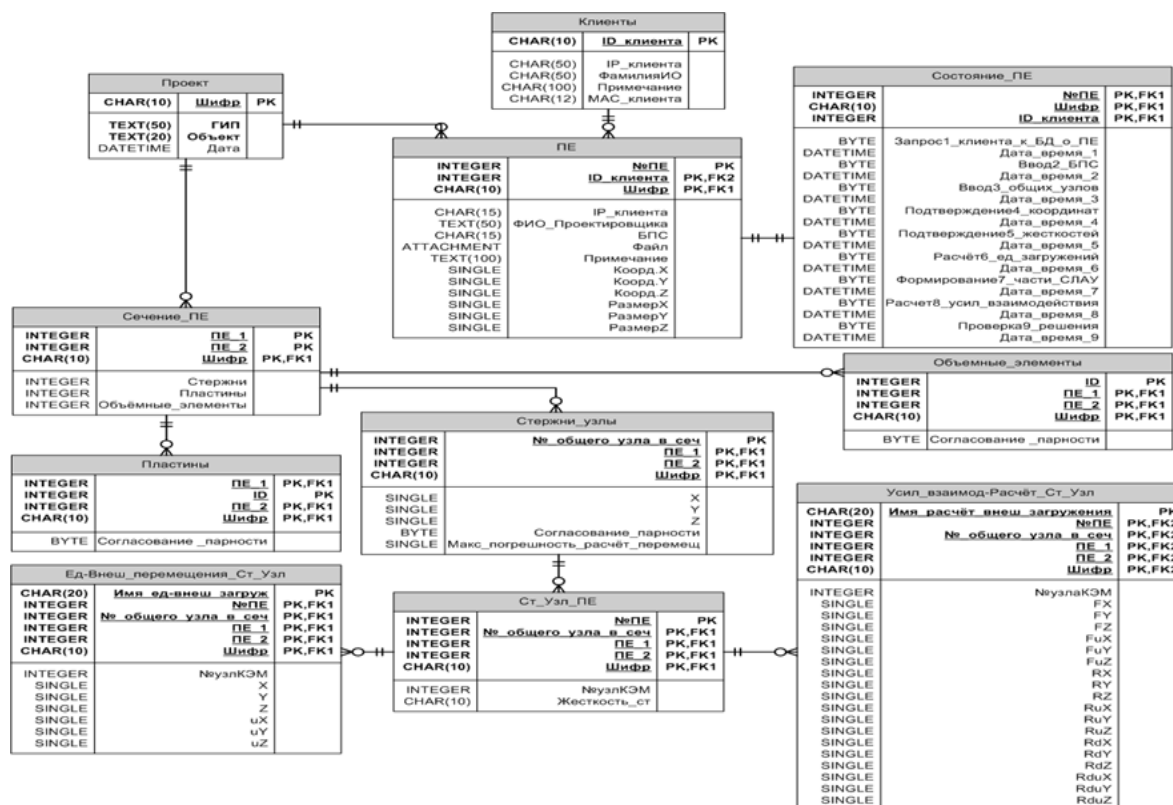


Рис. 2. Схема данных

(БПС) для «своей» ПЕ и координаты общих узлов (рис. 3, блок 5). После ввода данных, уточняющих взаимосвязи между ПЕ, необходимо согласовать эти данные кнопкой «Согласовать данные». После автоматического согласования координат общих узлов на сервере проектировщика 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. 3, 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 компонентов: сервера базы данных, клиентского приложения и сервера приложений, отвечающего за выполнение логики приложения. Выбор данной архитекту-

ры 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 загрузках. 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. 3, блок 19), а по итогам всех расчётов выполняет проверку решения (рис. 3, блок 22).

Вычисление усилий взаимодействия выполняется подсистемой формирования и решения систем уравнений (рис. 3, блоки 14, 16). Система формируется на основании результатов рас-

чёта ПЕ от единичных усилий, которые посредством подсистемы клиент-серверного взаимодействия передаются в БД сервера.

Расчёты ПЕ от единичных усилий (рис. 3, блок 13) и усилий взаимодействия (рис. 3, блок 18) выполняются на базовых программных средствах, управление которыми осуществляет-

ся через подсистему управления базовым программным средством.

Интерфейс подсистемы графического построения мнемосхемы топологического положения проектных единиц строительного объекта, описанный в блоке 1а (рис. 3), представлен на рис. 5.

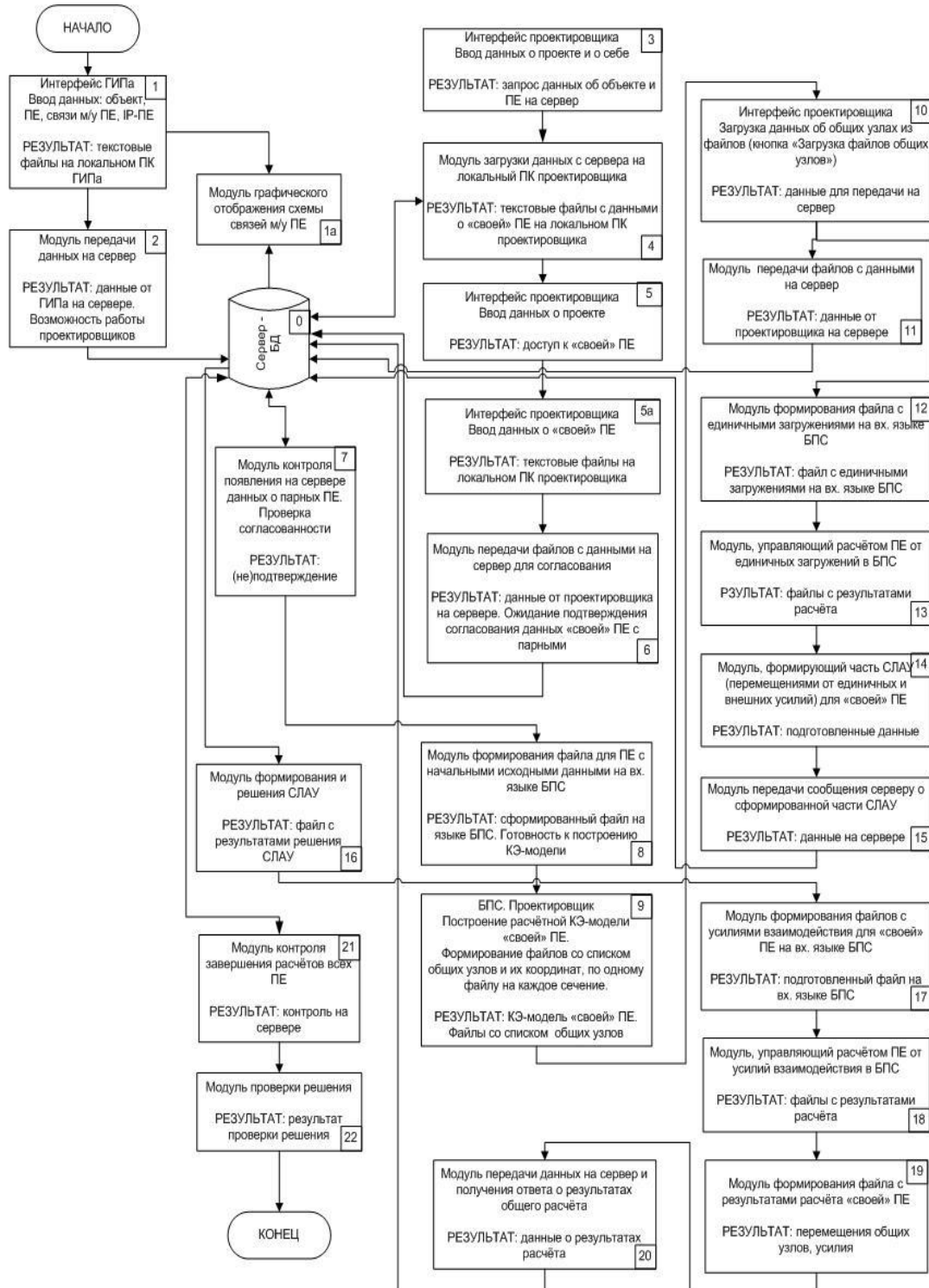


Рис. 3. Структурная схема разрабатываемой системы

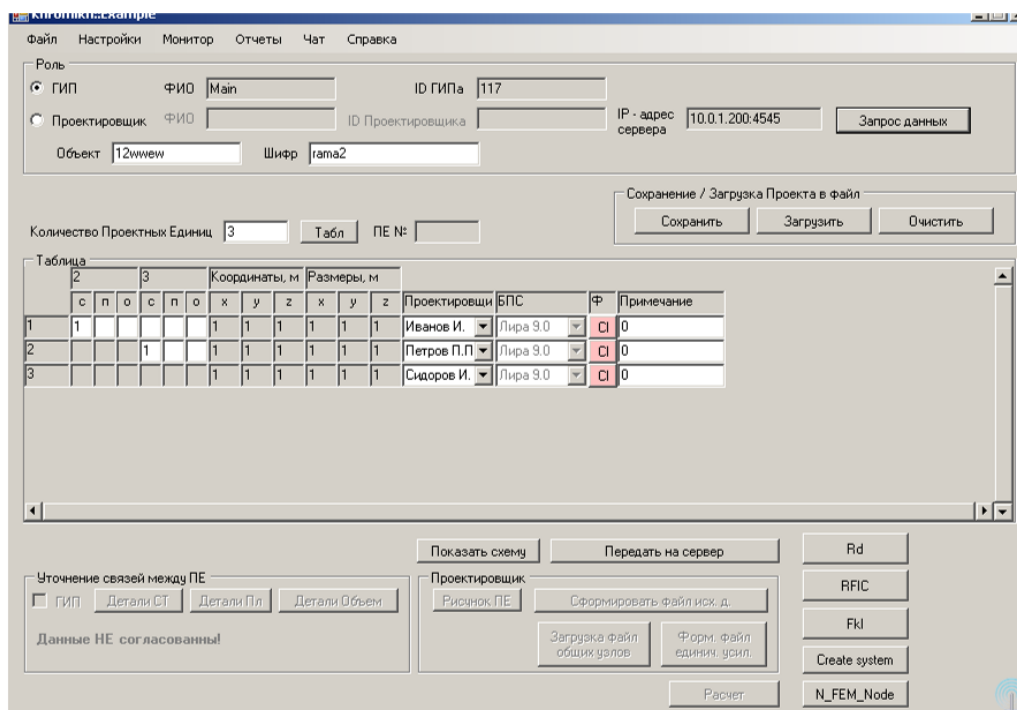


Рис. 4. Главная форма работы с программой

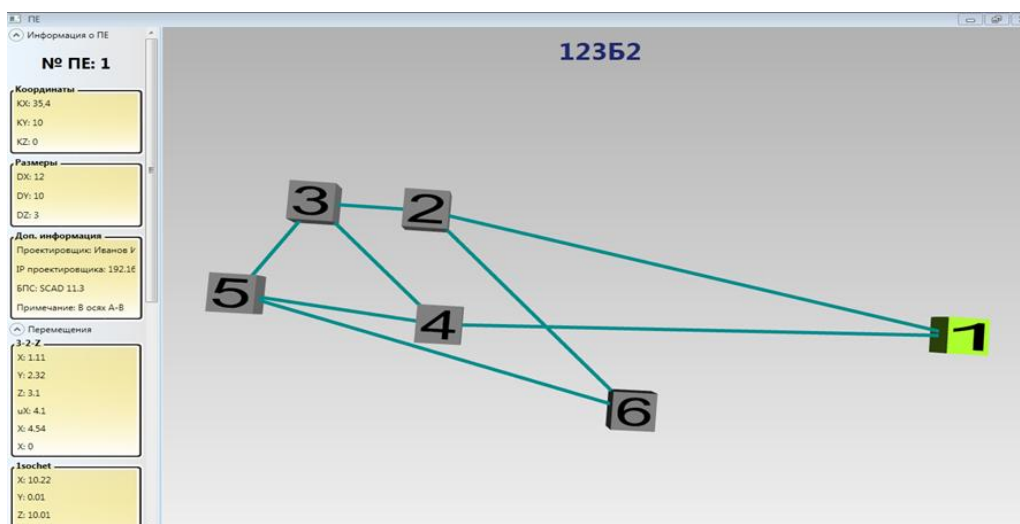


Рис. 5. Подсистема графического построения мнемосхемы топологического положения проектных единиц строительного объекта

### Список литературы

1. Супрун А.Н., Кислицын Д.И. Распараллеливание вычислительных расчётов строительных конструкций на персональных компьютерах //Известия вузов. Строительство. 2006. № 5.

2. Kislitsyn D.I., Suprun A.N. The program module for expansion of functionalities of computer complex «Lira» //International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. V. 4. Issue 2. Moscow – New York, 2008.

3. Супрун А.Н., Кислицын Д.И., Скороходов В.В. Проблемы построения автоматизированных систем конструкторского расчёта строительных объектов в распределённых вычислительных средах //Актуаль-

ные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений: Материалы III Международного симпозиума. Новочеркасск: Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ), 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, 30 June – 2 July – 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 ICCSBE), 27 – 29 June – Moscow, 2012.

**AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR DESIGNING COMPLEX BUILDING  
OBJECTS BY DIVIDING AN OBJECT INTO A NUMBER OF PROJECT DESIGN UNITS**

*D.I. Kislitsyn*

An implementation of a computer system is described on the basis of dividing a building object into a number of project design units. The system is based on a local area network of a design organization and can significantly speed up the design of complex building objects. Data preparation and calculations for project design units can be performed in parallel on designers' PCs.

*Keywords:* calculation of building objects, method of dividing a construction object into a number of project design units, parallel computing technologies.