

УДК 69:004

## 4D ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РАБОЧИХ ПРОСТРАНСТВ В ХОДЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

Эльшейх А.М.

*ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет», Москва, Россия (129337, Москва, Ярославское ш., 26), e-mail: assermfee@yahoo.com*

---

Строительные работы требуют наличия определенных рабочих пространств для их выполнения. Это исследование классифицирует такие рабочие пространства на четыре категории: для людей, для оборудования, вспомогательные пространства, и зоны техники безопасности. Все эти пространства изменяются и двигаются в трех измерениях и во времени в процессе строительства. Различные виды работ могут иногда пересекаться друг с другом в одном пространстве в одно время. Вмешательство в рабочее пространство является проблемой на многих строительных площадках. Эта проблема может мешать плановому исполнению проекта строительного производства. Целью данной работы является компьютерное 4D представление для отслеживания выполнения работ и определения каких-либо конфликтов между их рабочими пространствами. В результате исследования была предложена и апробирована методика интеграции программных средств для визуализации конфликтов.

---

Ключевые слова: рабочее пространство, конфликт, календарный график, информационная модель.

## 4D VISUALIZATION OF WORKSPACES DURING CONSTRUCTION

Elsheikh A.M.

*Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia (129337, Moscow, 26 Yaroslavskoye shosse), e-mail: assermfee@yahoo.com*

---

Construction activities require appropriate workspaces for their implementation. This study classifies these required workspaces into four categories: people, equipment, supporting spaces, and safety working spaces. All these spaces change and move in three dimensions and across time throughout the construction process. Different activities may occasionally interfere with each other while working in the same space. Interference in the working spaces is a problem in many construction sites. This problem can hinder the execution plan of the construction project. The aim of this work is a computerized 4D representation to track the progress of the executed activities to determine any conflicts between their workspaces. As a result of this research, the procedure of integration of software tools for visualization of conflicts has been proposed and approved.

---

Keywords: workspace, conflict, scheduling, information model

Для планового выполнения работ на строительной площадке требуются не только наличие квалифицированных рабочих, но и условия для их совместной работы [1]. Календарный график работ определяет параллельное ведение различных работ, но не рассматривает рабочие зоны строительного производства, что может вызывать пересечение рабочих пространств. Необходимо отслеживать раннюю идентификацию проблем, касающихся рабочего пространства, чтобы повысить безопасность строительных работ, снизить конфликты среди работников, уменьшить время простоя, улучшить качество работ, а также уменьшить отклонения от плана осуществления проекта [5].

Цель исследования заключается в развитии работы с 3D пространством на основе информационной модели здания. Учитывается параметр времени из календарного графика

строительства. Таким образом, появляется возможность 4D визуализации рабочих пространств, и определения зон конфликтов.

### **Существующие методы**

Различные методики управления строительством, в том числе основанные на анализе рабочих пространств ранее уже обсуждались и даже применялись. Обсуждались варианты конфигураций пространства для различных типов рабочих процессов. Некоторые исследования были основаны на конкретных работах проекта производства строительства для одного помещения или одного этажа. Такой анализ пространства проводился на основе 2D модели здания. [7,8]. Thabet и Beliveau [9] применили метод, который позволяет в CAD-системе на основе 2D-чертежей выделить рабочие пространства в отдельных помещениях.

Другие исследователи предложили использовать 3D модель рабочего пространства. Akinci et al. [2] создали трехмерную модель формы рабочего пространства, которая была основана на простом геометрическом описании рабочего пространства в CAD-системе. Dawood и Mallasi [4] использовали упрощенные 3D модели контейнеров, которые содержат конструкции и задают габаритные размеры рабочего пространства вокруг них. Chavada et al. [3] использовали трехмерную модель рабочего пространства и описали ее в формате IFC стандарта, что позволило отображать пространство в процессе строительства. Эта модель рабочего пространства создается полуавтоматически, потому что ее размеры и местоположение определяются пользователями. Moon et al. [6] использовали трехмерную модель окружающего пространства, охватывающего всех работников, необходимых по плану, и их рабочую зону при выполнении конкретных строительных работ.

### **Предлагаемая методика**

Рабочие пространства имеют три измерения, а размеры этих пространств изменяются со временем. Кроме того, пространства, требуемые для работ, меняют свое местоположение. Следовательно, существует потребность в том, чтобы контролировать эти рабочие пространства в трехмерном визуальном режиме и времени, чтобы определить конфликты рабочего пространства и решить их до выполнения самих строительных работ.

Рис. 1 представляет структуру процесса определения рабочих пространств для строительных работ и их распределения. В процесс включаются базы данных из разных источников:

- 3D-модель из информационной модели здания (BIM),
- данные из программного обеспечения для планирования, таких как MS Project, Primavera и т.д.,

- базы данных для различных ресурсов, требуемых в ходе строительства.

Настоящее исследование имеет дело с четырьмя категориями рабочих пространств: пространство для людей, выполняющих строительную работу, пространство для оборудования, пространство техники безопасности, вспомогательные пространства (для складирования материалов, пути передвижения к ним или выходу из помещения).

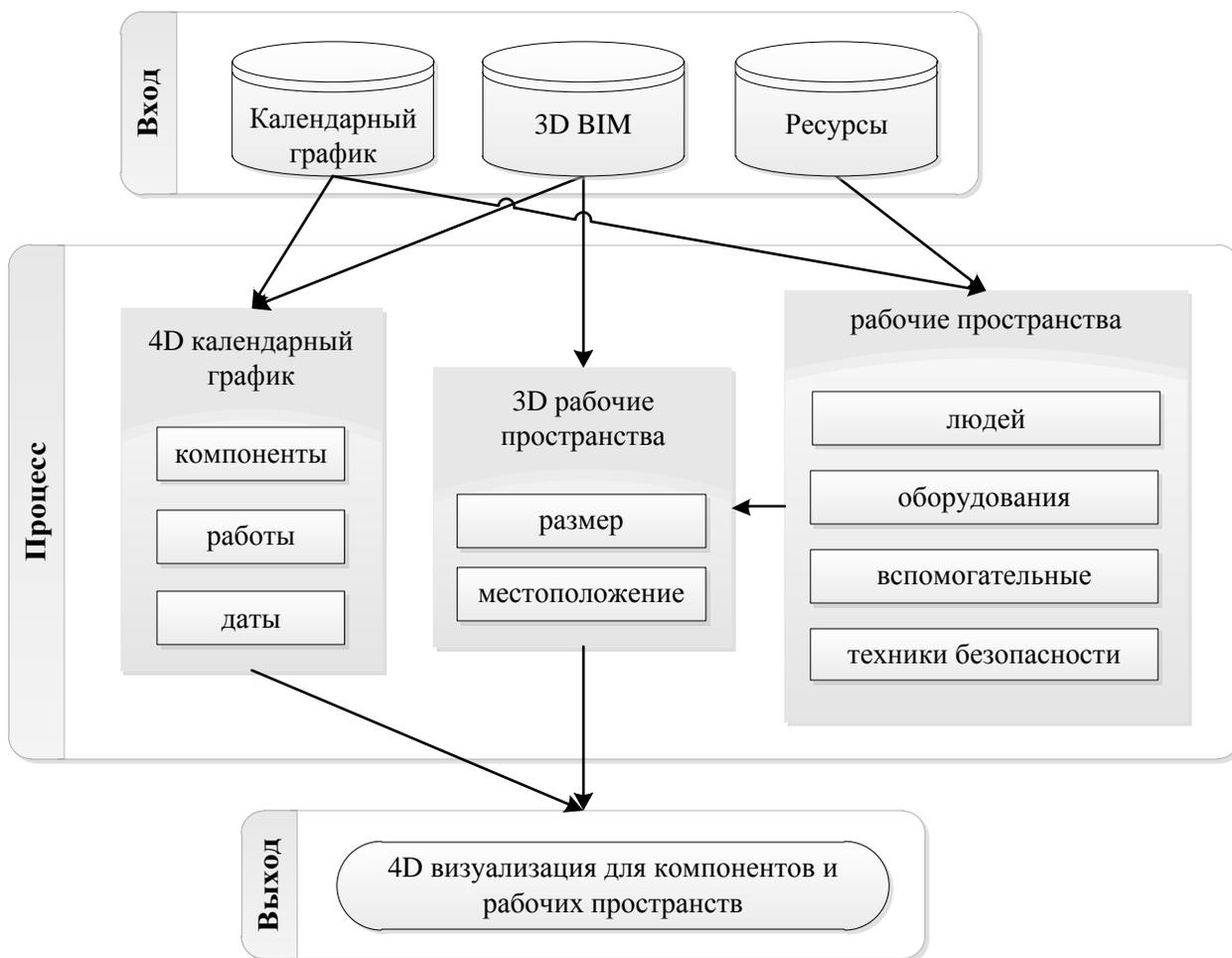


Рис. 1. Блок-схема предлагаемой методики

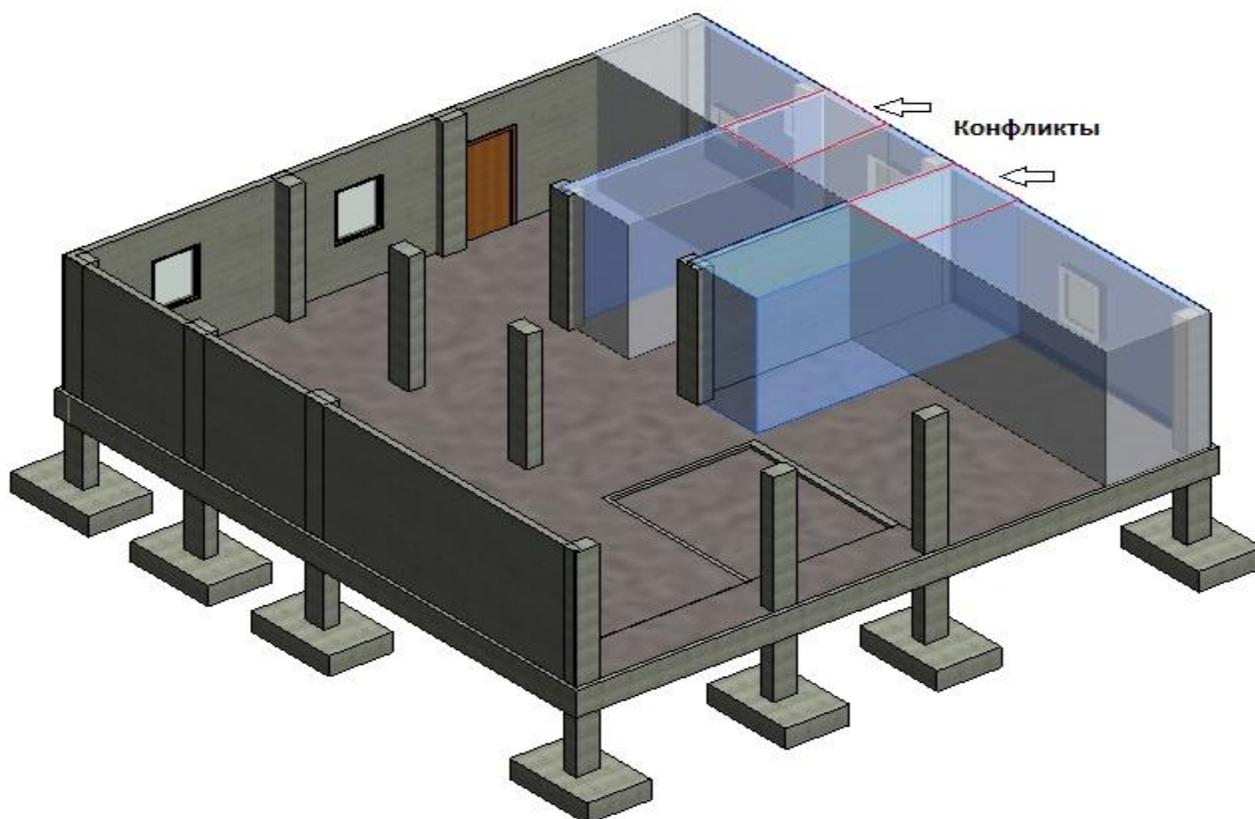
3D-модель рабочего пространства определяется с учетом значения, определенного пользователем или размера возводимой конструкции (компонента информационной модели здания). Рабочие пространства могут располагаться снаружи, внутри, выше, ниже или вокруг компонента, это определяется технологией производства работ. Необходимое рабочее пространство связывается с конкретной работой, что достигается за счет автоматической синхронизации ID кода 3D-компонентов здания и ID кода работ.

Требования к рабочим пространствам меняются со временем, поэтому разработанная методика связывает, создаваемые рабочие пространства с календарным графиком

строительства, чтобы сформировать рабочие пространства в 4D режиме. Календарный график определяет начало и окончание каждой работы, соответствующей каждой компоненте здания. 4D анимация показывает, какие компоненты здания строятся и, соответственно, какие рабочие пространства являются активными. Конфликты рабочих пространств при параллельном ведении работ определяются визуально на 4D графике. Возможно выделение пересекающихся пространств цветом.

### **Пример**

С целью проверки работоспособности методика была использована в проекте (рис. 2). Результат показал, что для любого момента времени на 3D модели здания можно отобразить активные зоны работ и увидеть их возможное пересечение в пространстве, т.е. найти конфликтные зоны.



*Рис. 2. Активные зоны работ*

### **Выводы**

Предложенная методика объединяет возможности программных пакетов и предлагает новый подход к интеграции данных информационной модели здания, календарного графика и базы данных ресурсов для визуализации рабочих пространств. Если руководители проектов могут

выявить конфликты рабочего пространства, то они могут перенести работы в рамках частного резерва времени и тем самым ликвидировать конфликт.

*Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ (грант Президента РФ №14.Z57.14.6545-НШ).*

### Список литературы

1. Волков А.А. Системы активной безопасности строительных объектов // Жилищное строительство. – 2000. – №7. – с. 13.
2. Akinci B., Fischer M., Kunz J. Automated generation of work spaces required by construction activities // J. Constr. Eng. Manage. – 2002г. – Vol. 128, № 4. – P. 306–315.
3. Chavada R., Dawood N., Kassem M. Construction workspace management: the development and application of a novel nD planning approach and tool // J. Inform. Technol. Constr. (ITcon). – 2012. – Vol. 17. – P. 213–236.
4. Dawood N., Mallasi Z. Construction workspace planning: Assignment and analysis utilizing 4D visualization technologies // Computer- Aided Civil and Infrastructure Engineering. – 2006. – Vol. 21, № 7. – P. 498–513.
5. Heesom D., Mahdjoubi L. Trends of 4D CAD applications for construction planning // Construction Management and Economics. – 2004. – Vol. 22, № 2. – P.171-182.
6. Moon H., Dawood N., Kang L. Development of workspace conflict visualization system using 4D object of work schedule // Advanced Engineering Informatics. – 2014. – Vol. 28, № 1. – P. 50–65.
7. Riley D.R., Sanvido, V.E. Patterns of construction-space use in multistory buildings // J. Constr. Eng. Manage. – 1995. – Vol. 121, № 4. – P. 464–473.
8. Riley D.R., Sanvido V.E. Space planning method for multistory building construction // J. Constr. Eng. Manage. –1997. – Vol. 123, № 2. – P. 171–180.
9. Thabet W.Y., Beliveau Y.J. Modeling Work Space to Schedule Repetitive Floors in Multistory Buildings // J. Constr. Eng. Manage. – 1994. – Vol. 120, № 1. – P. 96-116.

### Рецензенты:

Гинзбург А.В., д.т.н., профессор, профессор кафедры информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет», г. Москва;

Синенко С.А., д.т.н., профессор, профессор кафедры технологии и организации строительного производства ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет», г. Москва.