



УДК 004.946

## СПОСОБ ГРАФИЧЕСКОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

В.С. Шестаков<sup>а</sup><sup>а</sup> Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация

Адрес для переписки: shestakoffvs@gmail.com

### Информация о статье

Поступила в редакцию 06.04.16, принята к печати 25.04.16

doi: 10.17586/2226-1494-2016-16-3-559-564

Язык статьи – русский

**Ссылка для цитирования:** Шестаков В.С. Способ графического представления оборудования в процессе технологической подготовки производства // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2016. Т. 16. № 3. С. 559–564. doi: 10.17586/2226-1494-2016-16-3-559-564

### Аннотация

Рассмотрен процесс определения порядка соединения элементов как этап технологической подготовки производства для использования на этапе проектирования организационной структуры цеха. Исходными данными являются заданный объект проектирования (цех), условия эксплуатации и характеристики оборудования. Рассмотрены общепринятые подходы, предложен новый способ, отличающийся большей наглядностью. Сущность предлагаемого подхода состоит в замене упрощенных контурных очертаний и условных обозначений на унифицированные трехмерные модели. Унифицированные трехмерные модели представляют собой трехмерные модели, созданные на основе реального объекта-прототипа при помощи обобщающего абстрагирования. В качестве прототипа выбирается наиболее известный представитель группы. Предложена поэтапная методика создания унифицированных трехмерных моделей. Показаны результаты апробации способа для двух характерных групп технологического оборудования – токарно-винторезного оборудования и промышленных манипуляторов с антропоморфной рукой. Разработан оригинальный программный модуль, работающий совместно с дополнительными средствами повышения информативности согласно алгоритму построения многокомпонентных визуальных 3D-моделей. Предлагаемое решение предназначено для разработчиков систем автоматизированной технологической подготовки производства.

### Ключевые слова

ТПП, САПР, методика, оборудование, проектирование, производство, представление, трехмерная модель

## METHOD OF EQUIPMENT GRAPHIC REPRESENTATION IN THE PROCESS OF PREPRODUCTION ENGINEERING

V.S. Shestakov<sup>a</sup><sup>a</sup> ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation

Corresponding author: shestakoffvs@gmail.com

### Article info

Received 06.04.16, accepted 25.04.16

doi: 10.17586/2226-1494-2016-16-3-559-564

Article in Russian

**For citation:** Shestakov V.S. Method of equipment graphic representation in the process of preproduction engineering. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2016, vol. 16, no. 3, pp. 559–564. doi: 10.17586/2226-1494-2016-16-3-559-564

### Abstract

We consider the process of order determining of elements connection as a stage of preproduction engineering for the use in the design phase of production department organization structure. The initial data are: given design object (production department), operating conditions and options of equipment. Conventional approaches are considered; a new method is proposed notable for better visualization. The essence of the approach lies in replacement of the simplified contour shapes and symbolic notations on unified three-dimensional models (UTM). UTM is a three-dimensional model created from the real object - prototype by means of generalizing abstraction. The best known representative of the group is chosen as a prototype. Stepwise method of UTM creating is presented. Testing results of the method for two specific groups of technological equipment are given: screw-cutting equipment and industrial manipulators with an anthropomorphic arm. An original program module is developed that works in conjunction with additional means for information content enhancement according to the algorithm of creation of multi-component 3D-models. The proposed solution is intended for developers of automated preproduction engineering systems.

### Keywords

preproduction engineering, CAD, method, equipment, design, production, representation, three-dimensional model

## Введение

Технологическая подготовка производства (ТПП) – совокупность мероприятий, обеспечивающих технологическую готовность производства. Под технологической готовностью производства понимают наличие на предприятии полных комплектов конструкторской и технологической документации и средств технологического оснащения, необходимых для осуществления заданного объема выпуска продукции с установленными технико-экономическими показателями. Согласно ГОСТ Р 50995.3.1-96<sup>1</sup> в процессе ТПП принимаются в том числе и организационные решения – проектные решения, в которых определяется форма (порядок) соединения элементов производства для обеспечения изготовления заданного объекта в заданных условиях и с заданными характеристиками.

Использование систем автоматизированного проектирования (САПР) уже давно доказало свою эффективность в процессе разработке новых изделий [1]. Использование же САПР в процессе создания проектов расположения производственного оборудования в цехе [2–7] на данный момент не является распространенной практикой, но, судя по тому, что в состав современных программных комплексов все чаще добавляют специализированные модули, можно говорить о том, что данное направление будет иметь развитие.

Главной особенностью проектирования структуры цеха в САПР является то, что пользователю требуется пространственно расположить объекты относительно друг друга, а не произвести геометрические построения, как в случае проектирования изделий. В связи с этим возникает задача создания и эффективного графического представления объектов, отображающих технологическое оборудование. Автором настоящей работы рассматривается ряд проблем [8–10], в который включена и задача создания и графического представления технологического оборудования.

### Общепринятый способ изображения технологического оборудования

Согласно ГОСТ Р 21.401-88<sup>2</sup>, в состав основного комплекта рабочих чертежей марки ТХ включают чертежи расположения оборудования. На схемах и чертежах изображают оборудование, трубопроводы и их элементы в виде упрощенных контурных очертаний в масштабе чертежа или условными графическими изображениями сплошной толстой основной линией. На рис. 1 приведен пример упрощенных контурных очертаний оборудования с указанием моделей. Основными минусами такого способа изображения являются:

- низкая степень информативности;
- низкая степень наглядности.

Без тщательного ознакомления со спецификацией чертежа, в которой указано соответствие моделей станков элементам, или знания способа формирования наименования модели чтение чертежа с использованием подобного рода элементов представляется весьма затруднительным и времязатратным. Помимо этого, низкая информативность делает проект цеха бесполезным для инженеров непрофильного направления, занимающихся разработкой коммуникационных систем (электрообеспечение, вентиляция и т.д.).

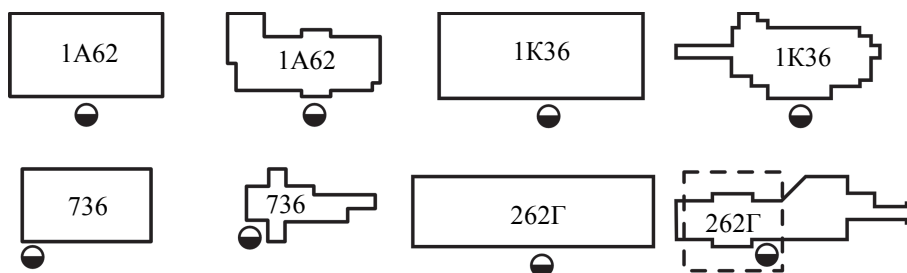


Рис. 1. Упрощенные контурные очертания различных станков

### Современные способы графического представления технологического оборудования

Среди всех существующих на рынке программного обеспечения САПР можно выделить среды, создававшиеся для решения определенного круга специализированных задач, и среды, которые по сути своей автоматизируют процессы черчения.

В качестве примера системы, автоматизирующей процесс начертания упрощенных контуров оборудования, можно рассмотреть «КОМПАС-График» от компании «Аскон». Для данной системы существ-

<sup>1</sup> ГОСТ Р 50995.3.1-96 Технологическое обеспечение создания продукции. Технологическая подготовка производства. Введ. 01.07.1997. М.: Изд-во стандартов, 1975. 20 с.

<sup>2</sup> ГОСТ 21.401-88 Система проектной документации для строительства. Технология производства. Основные требования к рабочим чертежам. Введ. 01.07.1988. М.: Изд-во стандартов, 1988. 18 с.

вует дополнительный модуль под названием «Библиотека планировок цехов», который представляет собой набор готовых контуров для различного производственного оборудования. На рис. 2 приведены диалоги выбора элемента из библиотеки и список редактируемых свойств объекта. Следует отметить, что, несмотря на то, что данная система ускоряет процесс исполнения проекта, она не устраняет недостатки общепринятого способа графического представления оборудования.

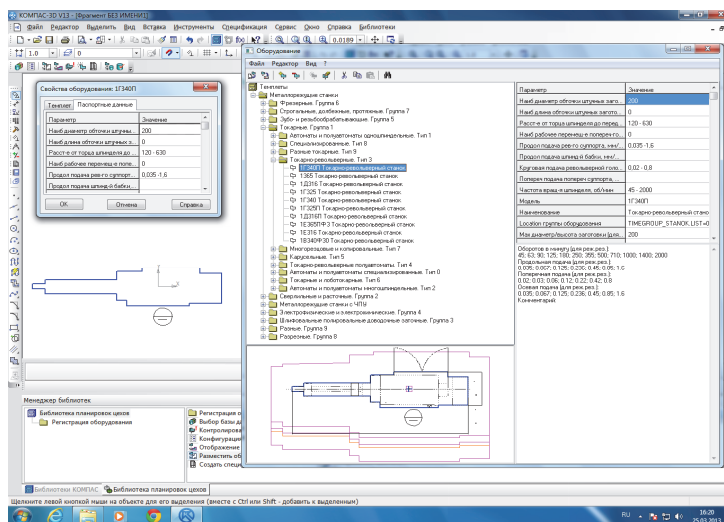


Рис. 2. Диалоги выбора элемента библиотеки планировок цехов в «КОМПАС-График»

Специализированной САПР с возможностью трехмерного проектирования является система «CATIA» от «Dassault systemes» с модулем «Plant Layout». В ней предлагается использовать габаритные контейнеры для объектов, точные модели которых будут разработаны позднее и включены в проект на места габаритных контейнеров. На рис. 3 показано, как происходит процесс выделения пространства под объекты цеха. Недостатком такого способа представления технологического оборудования является то, что на этапе расстановки габаритных контейнеров проект обладает низкой информативностью, сравнимой с использованием упрощенных контурных очертаний, а для создания точных моделей оборудования потребуется значительное время.

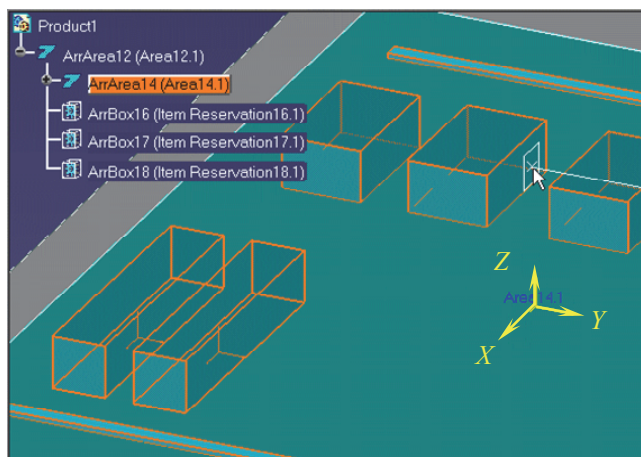


Рис. 3. Процесс выделения объема в «CATIA»(Plant Layout)

### Унифицированные трехмерные модели

Основным недостатком условных обозначений в виде упрощенных контурных очертаний и объемных габаритных контейнеров как элементов проекта цеха является низкая наглядность и информативность. Для решения данной проблемы была разработана методика создания унифицированных трехмерных моделей (УТМ). Под УТМ будем понимать трехмерные модели, построенные с использованием обобщающего абстрагирования для группы объектов.

Механизм использования знаков в качестве замены реальных объектов базируется на возможности человеческого мозга использовать ассоциативные связи [11]. Такие связи возникают в том случае, когда у двух объектов есть схожие черты. В случае технологического оборудования основная информация, которую должно нести условное обозначение, состоит из типа объекта и его функционального назначения. На основании этого были сформулированы следующие этапы методики.

1. Сформировать группу оборудования по функциональному признаку.
2. Провести анализ узлов оборудования.
3. Провести обобщение узлов конструкции оборудования.
4. Создать поверхностную трехмерную модель на основе полученной информации.

В качестве апробации предложенной методики были созданы УТМ для двух групп оборудования. Для демонстрации гибкости методики были выбраны группы оборудования, принципиально отличающиеся по функциональному назначению.

В первом случае была выбрана группа токарно-винторезных станков. В качестве образца для анализа узлов оборудования была взята модель 16К20 как наиболее известный представитель данной группы. В трехмерной модели (рис. 4) были оставлены только основные узлы станка, которые характеризуют его как представителя токарно-винторезной группы: патрон, суппорт, задняя бабка и пр.

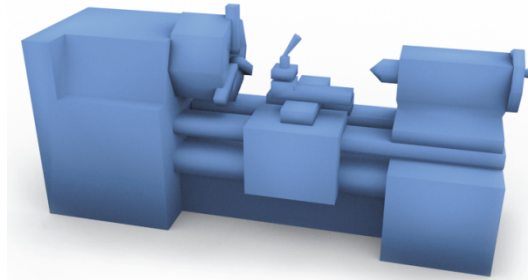


Рис. 4. Унифицированная трехмерная модель для группы токарно-винторезного оборудования

Во втором случае была выбрана группа промышленных манипуляторов с антропоморфной рукой. На рис. 5 для сравнения УТМ расположена между габаритным контейнером и точной детализированной моделью.



Рис. 5. Способы представления промышленных манипуляторов

#### **Предлагаемое решение. Способ графического представления оборудования**

Несмотря на то, что УТМ лишены недостатков упрощенных контурных очертаний в плане наглядности, они все же не обладают достаточной степенью информативности, чтобы быть полноценным элементом проекта цеха.

Автором настоящей работы предлагается способ графического представления оборудования, использующий УТМ совместно с дополнительными средствами повышения информативности согласно алгоритму построения многокомпонентных визуальных 3D-моделей [12]. Такой подход может быть использован разработчиками САПР ТПП для создания набора элементов цеха.

Разработанный программный модуль позволяет:

- предоставить пользователю набор УТМ для основных групп технологического оборудования;
  - вывести диалог ввода информации об оборудовании (габаритные размеры, модель станка, координаты мест подведения коммуникаций);
  - отразить габаритным контейнером реальные размеры оборудования;
  - отразить соотносимой в размерах с УТМ аннотацией реальную модель оборудования;
  - отразить маркерами места подведения коммуникаций;
  - обеспечить возможность внесения дополнительной информации об объекте через контекстное меню.
- Каждая из частей получаемого элемента проектирования выполняет свою функцию:
- УТМ позволяет пользователю точно идентифицировать, что это за объект и какую функцию он выполняет;
  - габаритный контейнер, соответствующий реальным размерам оборудования, позволяет заниматься пространственным размещением объектов;

- аннотация с моделью станка позволит точно определить, какая модель станка должна быть расположена на месте этого элемента в реальном цехе;
- маркеры подвода коммуникаций позволяют заниматься проектированием подвода электричества и пр.;
- возможность отразить в свойствах объекта через контекстное меню дополнительную информацию приводит к тому, что проект цеха можно отнести к информационной модели производства.

На рис. 6 продемонстрирован результат использования предлагаемой методики на примере станка 1В625М.



Рис. 6. Графическое представление станка 1В625М

### Заключение

Предложен альтернативный способ представления оборудования, обладающий более высокими уровнями наглядности и информативности в сравнении с используемыми в современных системах автоматизированного проектирования. Использование унифицированных трехмерных моделей для представления функциональных групп оборудования позволяет повысить наглядность элементов трехмерного проекта цеха, что делает проект более доступным для восприятия. Дополнительные средства повышения информативности обеспечивают пользователя всеми требуемыми данными для проектирования. Важным моментом в предлагаемом подходе является использование элементов проекта как интуитивного интерфейса доступа к информации о реальных объектах через контекстное меню.

Автором настоящей работы был разработан оригинальный программный модуль на основе предложенного способа графического представления оборудования.

### Литература

1. Ваншина Е.А. 3D-моделирование сборок изделий в САПР // Технические науки – от теории к практике. 2013. №21. С. 7–11.
2. Бормотова Т., Балышев А. Опыт применения комплексного трехмерного проектирования в проектах обустройства месторождений // САПР и графика. 2013. №3(197). С. 12–14.
3. Shi-Tao Li, Liang Ping. The construction of plant-level virtual environment based on CATIA // Proc. 2015 Int. Conf. on Design, Manufacturing and Mechatronics (ICDMM2015). 2015. P. 99–107.
4. Crowson R. Product Design and Factory Development. CRC Press, Taylor & Francis, 2005. 424 p.
5. Baylor R. Factory layout for owners and integrators [Электронный ресурс]. 2013. Режим доступа: <http://synergiscadblog.com/2013/03/05/factory-layout-for-owners-and-integrators> - своб. (дата обращения: 01.05.2016).
6. Jallas E., Sequeira R., Martin P., Turner S., Papajorgji P. Mechanistic virtual modeling: coupling a plant simulation model with a three-dimensional plant architecture component // Environmental Modeling and Assessment. 2009. V. 14. N 1. P. 29–45. doi: 10.1007/s10666-008-9164-4
7. Guo Y., Li B. New advances in virtual plant research // Chinese Science Bulletin. 2001. V. 46. N 11. P. 888–894.
8. Шестаков В.С. Оптимизация производительности визуальной составляющей САПР планировки производства // Известия вузов. Приборостроение. 2015. Т. 58. № 4. С. 318–321.
9. Шестаков В.С. Трехмерные мнемосхемы в проектировании приборостроительного производства / В сб.: Технические науки: тенденции, перспективы и технологии развития. Волгоград, 2015. С. 171–173.
10. Шестаков В.С., Сагидуллин А.С., Носов С.О., Клеванский Н.С. Позиционирование трехмерных представлений производственного оборудования // Сборник статей 16й международной научно-практической конференции "Фундаментальные и прикладные исследования, разработка и применение высоких технологий в промышленности и экономике". Санкт-Петербург, 2013. № ВТ 16-2. С. 140–142.

11. Ким В.В. Семиотика и научное познание: философско-методологический анализ. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2008. 416 с.
12. Захарова А.А., Шкляр А.В. Построение многокомпонентных визуальных 3D-моделей с использованием разнородных источников информации, на примере создания геологических моделей // Известия ТПУ. 2012. Т. 320. № 5. С. 73–80.

***Шестаков Виктор Сергеевич***

– инженер-исследователь, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, shestakoffvs@gmail.com

***Viktor S. Shestakov***

– engineer-researcher, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation, shestakoffvs@gmail.com