PolotskSU

УДК 72.01:681.14

КОМПЬЮТЕРНЫЕ СРЕДСТВА МАКЕТИРОВАНИЯ В АРХИТЕКТУРНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОСТРАНСТВЕННО-РАЗВИТЫХ ОБЪЕКТОВ

канд. архитектуры Т.А. СВИРСКАЯ
(Полоцкий государственный университет)

Рассматривается проблема повышения эффективности процесса проектирования пространственно-развитых объектов архитектуры и градостроительства за счет рационального применения современных компьютерных технологий и автоматизированных технических средств. В частности, анализируется зарубежный опыт использования компьютерных технологий быстрого прототипирования в архитектурном проектировании. Рассмотрены принципиальные схемы подобных процессов и оборудования, а именно: стереолитографии, трехмерной печати, а также послойной сборки. Приведены результаты квалиметрического анализа установок быстрого прототипирования разных производителей и сделан вывод о перспективности технологической схемы послойного синтеза как базовой для оборудования автоматизированного макетирования в условиях современной отечественной проектной организации. Предложено использовать компактную технологию быстрого прототипирования для внедрения автоматизированного макетирования в архитектурную и градостроительную проектную практику. В качестве иллюстрации формообразующих возможностей отечественной установки автоматизированного макетирования приведены результаты объемного моделирования пространственно-развитого объекта – фрагмента рельефа местности.

Введение. В настоящее время процесс архитектурного проектирования основан на широком применении современных информационных технологий. Различные системы автоматизированного проектирования позволяют в той или иной степени использовать мощный потенциал компьютерной техники для повышения эффективности процедур на каждой стадии разработки будущего архитектурного или градостроительного объекта. В результате образуется человеко-машинный комплекс формотворчества [1], техническое обеспечение которого составляют средства его компьютерной поддержки (рис. 1). В этих условиях специалист обязан владеть не только профессиональными знаниями, но и практическими навыками использования компьютерных технологий геометрического моделирования объектов проектирования.

Статья посвящена поиску путей решения проблемы рационального применения современных технологий автоматизированного макетирования специалистами высокой квалификации в области архитектуры и градостроительства.

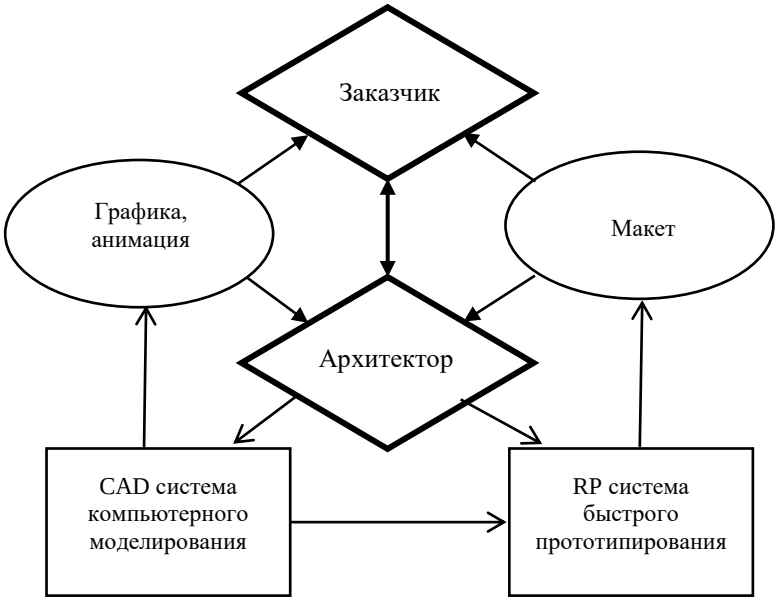


Рис. 1. Средства компьютерной поддержки архитектурного формотворчества и деловой коммуникации

PolotskSU

Анализ зарубежного опыта. Бурно развивающиеся в последнее двадцатилетие компьютерные технологии быстрого прототипирования (Rapid Prototyping) нашли свое место не только в проектной практике. Наиболее широко и успешно автоматизированное макетирование внедрено в экспериментальное проектирование пространственно-развитых объектов на архитектурных факультетах технического университета г. Делфта (Нидерланды), Гонконгского и Техасского университетов.

Особое внимание в этих учебных заведениях уделяется обеспечению «дружественного интерфейса» проектант/графическая станция/RP-оборудование [2]. В учебно-исследовательских центрах, созданных при этих и других университетах, автоматизация архитектурного макетирования осуществляется путем использования компьютеризированного оборудования, реализующего так называемую «технологию послойного синтеза» в основном с помощью процессов фотополимеризации (стереолитографии) и «трехмерной печати» [3].

Получение стереолитографической объемной модели происходит в резервуаре объемом 20...200 л, заполненном жидкой фоточувствительной композицией (рис. 2). Лазерный луч (длина волны 320...370 нм) перемещается по поверхности жидкого фотополимера, «штрихуя» поперечное сечение синтезируемого объекта. Смола застывает только там, где ее осветил лазерный луч. Сканирующая система включает в себя два зеркала (дефлектора), управляемые сигналами согласно имеющейся CAD модели объекта. После сканирования всей площади заданного контура подложка (с изделием) опускается вниз на толщину слоя. Толщины слоев выбираются в пределах 50...500 мкм. Чем тоньше отверждаемые слои, тем точнее (глаже) поверхность изготовленного макета, но, с другой стороны, возрастает длительность процесса. Таким образом, цикл многократно повторяется вплоть до изготовления всего объекта. Цена современных стереолитографических установок составляет несколько сотен тысяч долларов США.

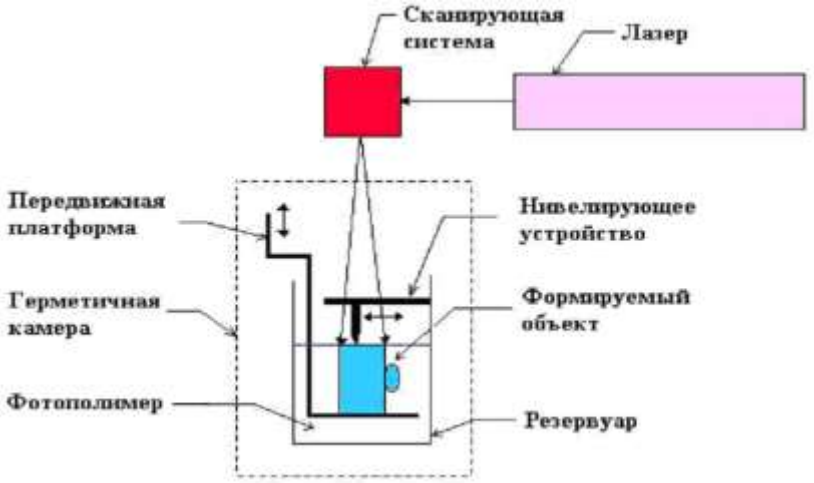


Рис. 2. Технологическая схема стереолитографической установки

В установке для трехмерной печати (3D принтере) тонкий слой порошка распределяется по рабочей платформе при помощи вала (ролика), затем распылительная (печатающая) головка наносит связующий раствор на те участки поверхности, которые должны формировать «тело» изготавливаемого объекта. Порошок, оставшийся в свободном состоянии, играет роль поддерживающей структуры, не позволяя детали рассыпаться при построении. Далее наносится новый слой порошка, и процесс повторяется до тех пор, пока не будет синтезирован весь объект. После извлечения готовой детали излишки порошка удаляются. Современные модели 3D принтеров стоят на мировом рынке не менее шестидесяти тысяч долларов США.

Анализ опыта использования компьютеризированного оборудования для автоматизации макетирования объектов архитектурного и градостроительного проектирования в ведущих зарубежных университетах позволил автору предложить компактный (минималистский) подход к решению этой задачи в условиях отечественной архитектурно-проектной организации. В связи с этим для обоснования направления рационального внедрения средств автоматизации макетирования в практику проектного процесса прежде всего необходимо выбрать базовый физико-технический эффект, потенциально эффективный для реализации учебного архитектурного автоматизированного макетирования.

Обсуждение результатов квалиметрического анализа компьютерных систем быстрого прототипирования. Современный арсенал автоматического технологического оборудования для быстрого прототипирования не исчерпывается уже рассмотренными в настоящей статье версиями технологии послойного синтеза. Ранее [4] автором была показана возможность использования этих и других технологических способов для автоматического макетирования архитектурных объектов. В работе [5] было

PolotskSU

предпринято исследование показателей качества ряда коммерческих установок быстрого прототипирования для определения технологической схемы послойного синтеза, перспективной в компактном автоматизированном производстве объектов сложной пространственной формы. Балльная (нормированная) оценка каждого квалиметрического показателя осуществлялась с помощью функции Харрингтона:

$$K_{ij} = e^{-\left(\left|P^{o}\right|\right)^{m_j}},$$

где m_j – положительное число в пределах $0 < m_j < \infty$; P^{o} – линейная функция от P_{ij}:

$$P^{o} = \frac{2P_{ij} - \left(P_{ij}^{макс} + P_{ij}^{мин}\right)}{P_{ij}^{макс} - P_{ij}^{мин}},$$

где $P_{ij}^{мин}$ и $P_{ij}^{макс}$ – соответственно нижний и верхний пределы значения показателя j-того свойства i-того вида оборудования, предусмотренные техническими условиями фирмы-производителя.

Результаты исследования приведены на рисунке 3.

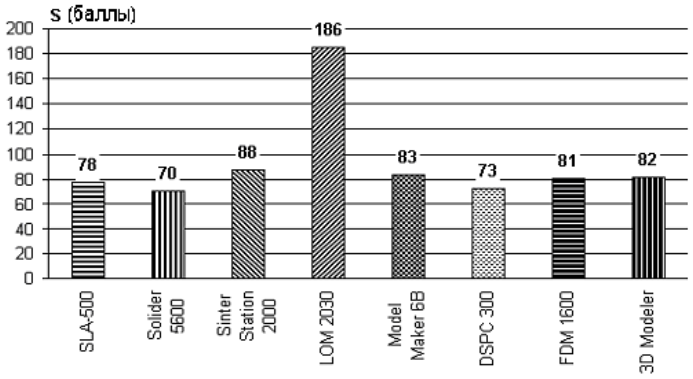


Рис. 3. Диаграмма результатов квалиметрического анализа систем быстрого прототипирования [5]

Таким образом, квалиметрический анализ выявил перспективность использования в качестве базового физико-технического эффекта для автоматизации архитектурного макетирования технологию послойной сборки объектов сложной формы (LOM-технологию). Указанный технологический процесс реализуется в автоматическом оборудовании, включающем устройства точного лазерного раскроя и автоматического плоскопараллельного соединения слоев (рис. 4).

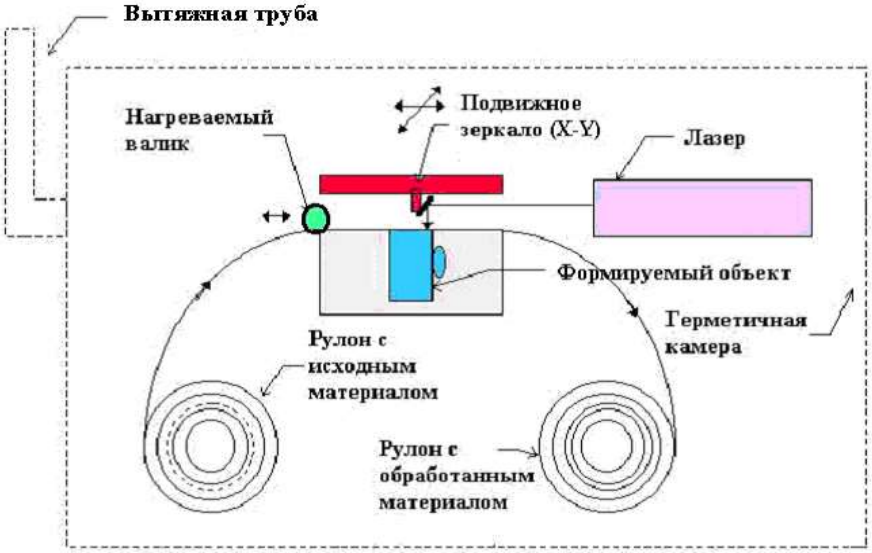


Рис. 4. Технологическая схема оборудования для послойной сборки

PolotskSU

Классическая схема LOM-машины реализует следующий технологический процесс. Бумажная лента разматывается с подающего ролика и собирается на принимающем. При этом лента проходит над перемещаемой в вертикальном направлении строительной платформой. Когда платформа оказывается полностью покрытой фрагментом бумажной ленты, свободным от разрезов (которые остаются от изготовления предыдущих деталей), вращение роликов прекращается, и по поверхности бумаги прокатывается нагретый ламинирующий валик. При этом активируется нанесенный на бумагу клей, и прямоугольный фрагмент бумажной полосы прочно фиксируется на поверхности подложки. Следующим шагом лазерный луч, управляемый компьютером, вырезает из приклеенного фрагмента контур первого слоя, а затем обводит вокруг этого контура прямоугольник, отделяющий приклеенный фрагмент от основной полосы. В завершение лазерный луч покрывает взаимно перпендикулярными прорезями всё пространство между контуром первого слоя и внешним прямоугольником – они облегчают последующее отделение собственно модели от лишнего материала. После этого строительная платформа пускается на толщину слоя, и включается механизм подачи ленты. Цикл повторяется, и каждый последующий слой присоединяется к предыдущему.

Цена технологического оборудования послойной сборки (Laminated object manufacturing) в настоящее время составляет около двухсот тысяч долларов США.

Компактная система автоматизированного макетирования. Опыт разработки и эксплуатации в 1990-е годы гибкого производственного модуля послойного синтеза, реализующего отечественную версию LOM-технологии, показал, что в целях расширения формообразующих возможностей оборудования при резком его удешевлении (т.е. увеличении компактности) следует отказаться от автоматической сборки сбоев плоскопараллельным их соединением в пользу ручной стендовой сборки любых, в том числе каркасных и каркасно-оболочечных конструкций [6]. При этом требуемая точность прототипов достигается на операции контурного лазерного раскроя.

Компьютерно управляемая установка точного лазерного раскроя (рис. 5) позволяет получать плоские элементы из неметаллических материалов сложного контура габаритами до 1700×1200 мм, толщиной до 20 мм с погрешностью до 0,03 мм.

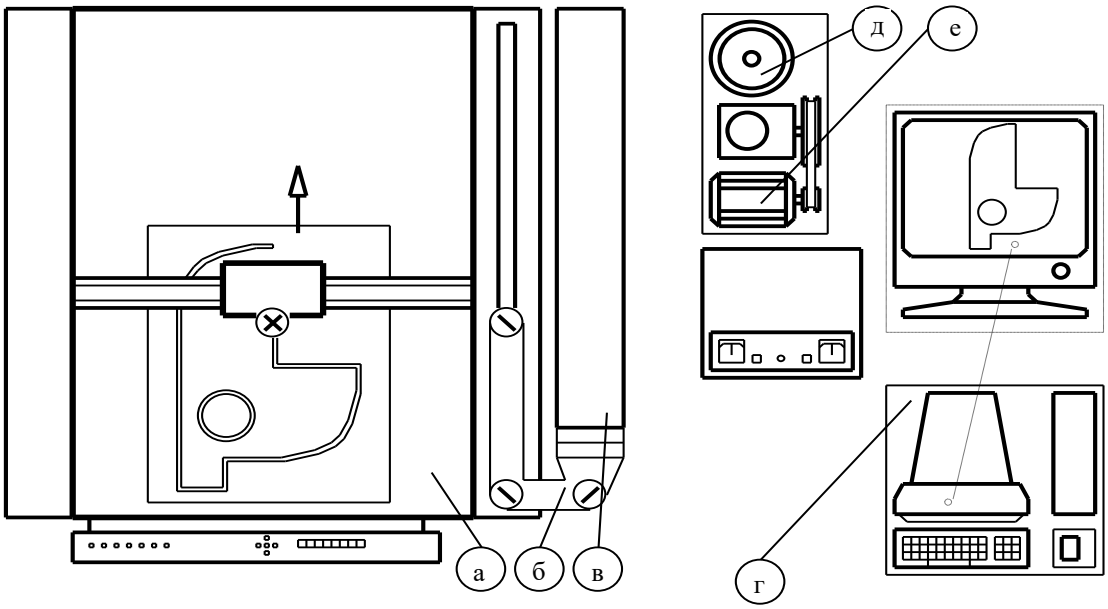
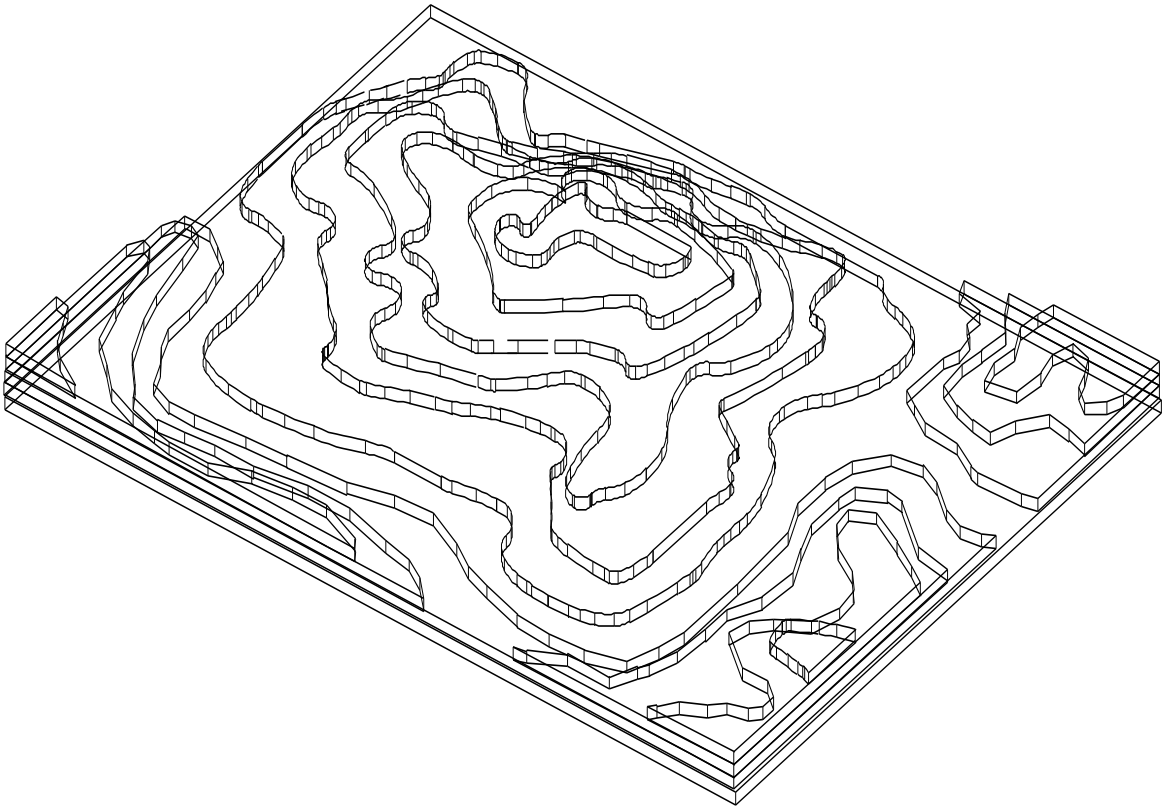


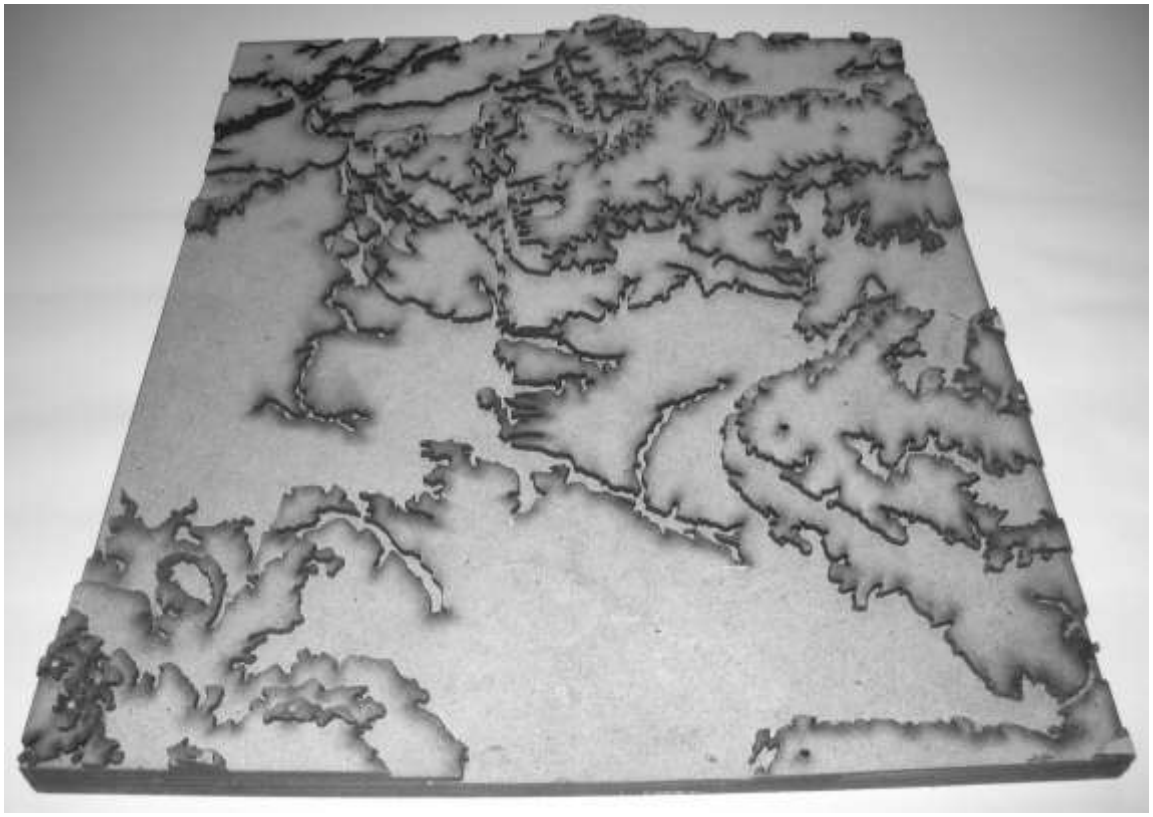
Рис. 5. Схема установки двухмерного лазерного формообразования:
а – координатный стол; б – оптическая система; в – CO_2 лазер; г – CAD/CAM модуль проектирования и управления; д – система обдува; е – система охлаждения

На рисунке 6 приведен пример послойного макета рельефа местности, изготовленного из древесно-волокнистой плиты (ДВП) толщиной 3,2 мм по компьютерной модели на рассматриваемом оборудовании [7].

PolotskSU



а)



б)

Рис. 6. Примеры фрагмента компьютерной модели (а)
и послойного макета рельефа местности (б)

PolotskSU

Заключение. Анализ мирового опыта использования компьютерных технологий и технических средств быстрого прототипирования в профессиональной деятельности архитекторов и градостроителей свидетельствует о целесообразности этого направления совершенствования проектного процесса.

В условиях отечественной архитектурно-проектной организации автор предлагает автоматизировать макетирование пространственно-развитых объектов на основе компактных (ресурсосберегающих) инженерных решений разработанного в Беларуси формообразующего оборудования, сочетающего достаточный уровень функциональных возможностей с весьма низкой стоимостью (на порядок ниже зарубежных аналогов).

Предлагаемый путь внедрения быстрого прототипирования для макетирования архитектурных и градостроительных объектов иллюстрируется примером послойного синтеза макета объекта ландшафтной архитектуры нерегулярной формы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белов, Е.В. Комплекс компьютерной поддержки формотворчества / Е.В. Белов, Т.А. Свирская, Д.Н. Свирский // Сб. науч. тр. ВГТУ. – Витебск: ВГТУ, 1998. – С. 225 – 227.
2. Bui, H.L.T. Translating AutoCAD Architectural Drawings into Rapid Prototyping Compatible Drawing / H.L.T. Bui. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.msoe.edu/reu/BuiPaper.doc
3. Свирская, Т.А. Компьютерная поддержка формотворчества в архитектурном проектировании / Т.А. Свирская // Вестн. Полоц. гос. ун-та. – 2005. – № 10. – С. 162 – 167.
4. Свирская, Т.А. «Второе дыхание» древнего метода / Т.А. Свирская // Архитектура и строительство. – 2002. – № 4.
5. Козинец, Д.Г. Выбор базового физико-технического эффекта для компактной системы быстрого прототипирования / Д.Г. Козинец, Д.Н. Свирский // Материалы, технологии, инструменты. – 2000. – № 2. – С. 31 – 35.
6. Свирский, Д.Н. Развитие технологии послойного синтеза в компактном производстве / Д.Н. Свирский, Б.Н. Сухиненко // Машиностроение, Вып. 17. – Минск: Технопринт, 2001. – С. 140 – 144.
7. Свирский, Д.Н. Оперативное изготовление рельефных карт и ситуационных макетов в компактных системах лазерного раскроя / Д.Н. Свирский, Д.Г. Козинец, Т.А. Свирская // Цифровая обработка информации и управление в чрезвычайных ситуациях: сб. – Минск: ИТК НАНБ, 1998. – Т. 2. – С. 36 – 39.

Поступила 11.05.2007