

Разработка библиотеки для 3D-моделирования многослойного гибридного трикотажа управляемой структуры

Д.И. Быковский^а, А.В. Чарковский

Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь

^аE-mail: denisbykouskij@yandex.ru

Аннотация. В работе с помощью системы автоматизированного проектирования «КОМПАС-3D» построены базовые параметрические трехмерные модели трикотажа переплетений кулирная гладь, платированная гладь и плюшевых переплетений. На языке C++ разработан визуальный интерфейс и написан программный код приложения, позволяющего осуществлять автоматизированное построение пользовательских 3D-моделей на основе базовых. Библиотека использована в учебном процессе для наглядной демонстрации обучающимся особенностей переплетений трикотажа и влияния линейной плотности и сырья на структуру трикотажа. Библиотека использована авторами в процессе выполнения научных исследований трикотажа.

Ключевые слова: САПР, КОМПАС-3D, прикладная библиотека, 3D-модель, гибридный трикотаж, трикотажное переплетение.

Development of the Library for 3D Modeling of Hybrid Multilayer Knit of Regulated Structure

D. Bykouski^a, A. Charkovskij

Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus

^aE-mail: denisbykouskij@yandex.ru

Annotation. Using the "KOMPAS-3D" computer-aided design system, basic parametric three-dimensional models of plain knitted fabrics, plated knitted fabrics, plush knitted fabrics were built. The program code of the application library was written in C++. The application library allows the user to automatically create custom 3D models. A visual interface of the library was developed. The library is used in the educational process to visually demonstrate to students the features of structure of knitted fabrics. The library was used by the authors in scientific research on the development of knitted fabrics with improved hygienic properties.

Key words: CAD, KOMPAS-3D, application library, 3D models, hybrid knitwear, the stitch pattern of knitted fabric.

3D-технологии и системы автоматизированного проектирования (САПР) используются в различных областях человеческой деятельности: машиностроении, архитектуре, строительстве, искусстве и т. д. [1–7].

Благодаря 3D-моделированию есть возможность оценить физические свойства, внешний вид и другие характеристики изделий еще до их изготовления. Благодаря САПР сокращается время разработки и себестоимость изделий, процесс производства автоматизируется. В трикотажном производстве использование трехмерного моделирования находится на начальном этапе.

Актуальной является задача разработки программы для 3D-моделирования и автоматизированного проектирования трикотажа, способной автоматически создавать 3D-модели трикотажа с учетом переплетения, вида сырья нити

(пряжи) и ее линейной плотности, а также осуществлять расчет его параметров. Разработка программы была осуществлена на базе системы автоматизированного проектирования (САПР) КОМПАС-3D [8], созданной компанией АСКОН. Согласно описанию на сайте производителя, КОМПАС-3D – мощная и универсальная система трёхмерного проектирования, которая предоставляет широкие возможности твердотельного, поверхностного и прямого моделирования. Разработчики системы предоставляют автоматизированный программный интерфейс, чтобы дать возможность сторонним программистам разрабатывать новые библиотеки (дополнительные программные модули для различных целей) для системы КОМПАС-3D.

Был запланирован следующий порядок работы программы:

1) предоставление возможности пользователю выбрать переплетение трикотажа, вид сырья нити (пряжи), ее линейную плотность, задать число петельных столбиков и петельных рядов;

3) расчет параметров модели на основе введенных пользователем исходных данных;

4) подключение к системе КОМПАС-3D, установленной на компьютере пользователя;

5) открытие в ней файла базовой модели;

6) замена ее переменных на новые значения, рассчитанные в соответствии с исходными данными, выбранными пользователем, и создание таким образом новой модели переплетения с пользовательскими параметрами;

7) сохранение новой модели на жесткий диск;

8) вывод рассчитанных параметров переплетения на экран и предоставление возможности сохранить значение этих параметров в текстовый файл.

С целью облегчения изучения и прогнозирования свойств трикотажа его сложную структуру представляют геометрической моделью, которая с различной степенью точности аппроксимирует фактическую структуру трикотажа и форму его петель, причем в геометрической модели толщина нити принимается одинаковой на всех участках петли, а форма сечения нити принимается за круг. Толщина нити усредняется и характеризуется средним диаметром [9]. В программе реализована возможность работы с 3D-моделями трикотажа переплетений: кулирная гладь, платированная гладь, плюшевых переплетений.

Трикотаж переплетения кулирная гладь состоит из петель, одинаковых по форме и величине и образованных последовательно вдоль петельного ряда одной и той же нитью [10]. В трикотаже переплетения платированная гладь петли образованы из двух нитей: грунтовой и платировочной. Платировочная нить образует петли на лицевой стороне, а грунтовая – петли на изнаночной стороне трикотажа. В трикотаже плюшевого переплетения петли образованы из двух нитей, одна из которых имеет увеличенные протяжки, формирующие ворсовую поверхность.

Первым шагом в процессе разработки являлось создание базовой параметрической трехмерной модели переплетения кулирная гладь в системе КОМПАС-3D. В модели заданы переменные: d – диаметр нити (пряжи); A – величина петельного шага; B – высота петельного столбика; $Columns$ – число петельных столбиков; $Rows$ – число петельных рядов.

Далее на основе описанной модели была построена базовая параметрическая трехмерная модель переплетения платированная гладь. В модели заданы переменные: $d1$ – диаметр нити (пряжи) на лицевой стороне; $d2$ – диаметр нити (пряжи) на изнаночной стороне; A – величина петельного шага; B – высота петельного столбика; $Columns$ – число петельных столбиков; $Rows$ – число петельных рядов.

Далее на основе модели платированного переплетения была построена базовая

параметрическая трехмерная модель плюшевого переплетения. В модели заданы переменные: $d1$ – диаметр нити (пряжи) на лицевой стороне; $d2$ – диаметр нити (пряжи) на изнаночной стороне; A – величина петельного шага; B – высота петельного столбика; $Columns$ – число петельных столбиков; $Rows$ – число петельных рядов, $a1$ – высота ворса нити (пряжи) на лицевой стороне, $a2$ – высота ворса нити (пряжи) на изнаночной стороне.

Следующим шагом в создании библиотеки стало создание визуального интерфейса приложения и написание программного кода для расчета параметров переплетения и осуществления перестроения модели. Для этого была использована система Embarcadero RAD Studio и язык программирования C++. Визуальный интерфейс показан на рисунке 1.

Интерфейс содержит элемент выбора переплетения трикотажа, числовые поля ввода линейной плотности, элементы выбора вида сырья нити (пряжи) из списка предложенных. Также на рабочем поле находится блок параметров управления построением модели плюшевого переплетения, в котором предусмотрена возможность выбора ворсовой нити и задания высоты ворса. Справа расположено зеленое поле для вывода рассчитанных программой параметров переплетения трикотажа. Ниже находится блок с двумя числовыми полями для ввода чисел петельных рядов и петельных столбиков. Рядом с этими полями расположена кнопка «Построить модель», нажатие на которую запускает процесс построения модели.

Далее был написан программный код для расчета параметров переплетения и осуществления перестроения модели. Структура программы соответствует принципам объектно-ориентированного программирования. Геометрические параметры трикотажа в программе рассчитываются согласно [10].

Диаметр нити (пряжи) в сильно сжатом состоянии приравнивают к условному диаметру:

$$d_y = 0,0357 \sqrt{T\gamma^{-1}},$$

где T – линейная плотность нити (пряжи), текс; γ – плотность вещества нити (пряжи), г/см³.

Диаметр нити (пряжи) в свободном состоянии приравнивают к расчетному диаметру:

$$d_p = 0,0357 \sqrt{T\delta^{-1}},$$

где δ – объемная масса нити (пряжи), г/см³.

Величины плотности вещества и объемной массы в зависимости от материала нити (пряжи), приведенные в [10], сохранены в программе для семнадцати различных видов сырья. В геометрических моделях толщина нити приравнивается к расчетному диаметру или к среднему диаметру, который равен среднему арифметическому значений расчетного и условного

диаметров. В программе толщина нити пряжи принята равной среднему диаметру:

$$d = \frac{d_y + d_p}{2}.$$

Согласно геометрической модели Далидовича часто при проектировании трикотажных переплетений кулирная гладь, платированная гладь и плюшевых переплетений принимают петельный шаг $A = 4d$. Тогда высота петельного ряда $B = 0,865A$. Эти зависимости были заданы в программе для расчета.

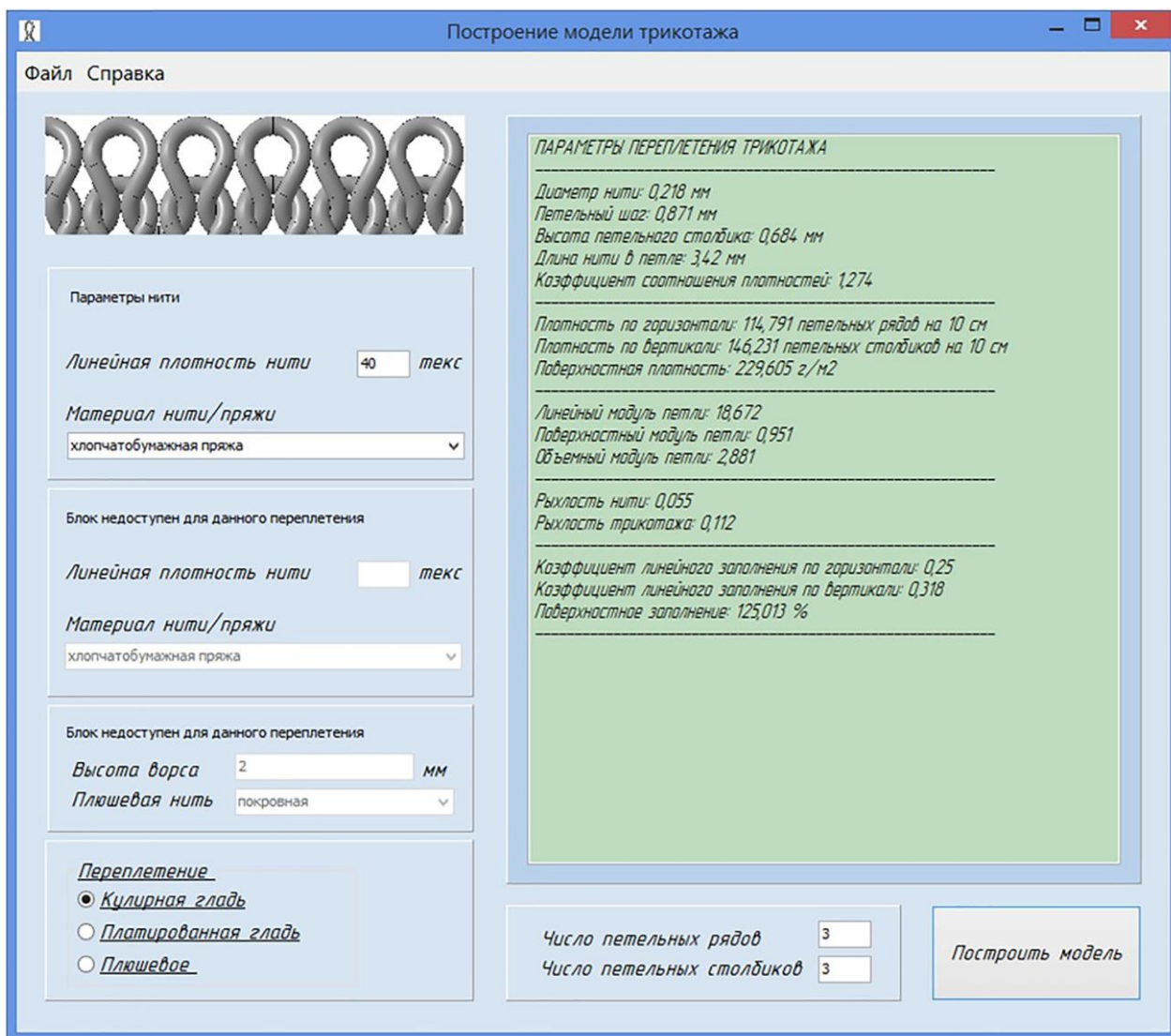


Рисунок 1 – Визуальный интерфейс библиотеки

Длина нити в петле для трикотажа переплетения кулирная гладь определяется по формуле:

$$l = 1,57A + 2B + \pi d.$$

Плотность по горизонтали рассчитывается в программе по формуле:

$$\Pi_G = \frac{100}{A}.$$

Плотность по вертикали рассчитывается в программе по формуле:

$$\Pi_B = \frac{100}{B}.$$

Коэффициент соотношения плотностей рассчитывается в программе по формуле:

$$C = \frac{A}{B}.$$

Поверхностная плотность рассчитывается в программе по формуле:

$$\rho = \frac{lT}{AB}.$$

Линейный модуль петли (число толщин нити в одной длине петли):

$$\sigma_l = \frac{l}{d_y}$$

Поверхностный модуль петли:

$$\sigma_{\Pi} = \frac{AB}{ld_y}$$

Объемный модуль петли:

$$\sigma_O = \frac{4ABM}{ld_y^2\pi}$$

где M – толщина петли.

Коэффициент линейного заполнения по вертикали:

$$E_B = \frac{d}{B}$$

Коэффициент линейного заполнения по горизонтали:

$$E_A = \frac{d}{A}$$

Поверхностное заполнение:

$$E = \frac{100ld}{AB}$$

Рыхлость нити:

$$P_H = \frac{\pi d_y d_p \gamma}{4}$$

Рыхлость трикотажа:

$$P_T = \frac{4ABMP_H}{\pi d^2 l}$$

Поверхностная плотность трикотажа переплетения кулирная гладь рассчитывается в программе по формуле:

$$\rho = 10^{-4} P_z P_6 l T$$

Для переплетения платированная гладь дополнительно заданы зависимости, представленные ниже.

Суммарный диаметр нитей:

$$d_{\text{сум}} = d_z + d_{\text{нл}}$$

где d_z – диаметр грунтовой нити (пряжи), м; $d_{\text{нл}}$ – диаметр платировочной нити (пряжи), мм.

Длина нити в грунтовой петле определяется по формуле:

$$l_z = 1,57 A + 2B + \pi d_{\text{сум}}$$

Длина нити в покровной петле определяется по формуле:

$$l_{\text{нл}} = l_z + 0,1l_z = 1,1l_z$$

Поверхностная плотность трикотажа переплетения платированная гладь рассчитывается в программе по формуле:

$$\rho = 10^{-4} P_z P_6 (l_z T_z + l_{\text{нл}} T_{\text{нл}})$$

где T_z – линейная плотность грунтовой нити (пряжи), текс; $T_{\text{нл}}$ – линейная плотность платировочной нити (пряжи), текс.

Для плюшевого переплетения дополнительно заданы зависимости, представленные ниже.

Длина нити в грунтовой петле определяется по формуле:

$$l_z = 1,57 A + 2B + \pi d_{\text{сум}}$$

где $d_{\text{сум}}$ – суммарный диаметр грунтовой и плюшевой нитей, мм.

Длина нити в плюшевой петле определяется по формуле:

$$l_{\text{нл}} = l + 2a$$

где a – расстояние, составляющее разницу между отбойными плоскостями для кулирования грунтовой и плюшевой нитей, мм.

Поверхностная плотность трикотажа плюшевого переплетения рассчитывается в программе по формуле:

$$\rho = 10^{-4} P_z P_6 (l_z T_z + l_{\text{нл}} T_{\text{нл}})$$

где T_z – линейная плотность грунтовой нити (пряжи), текс; $T_{\text{нл}}$ – линейная плотность плюшевой нити (пряжи), текс.

Программа выводит рассчитанные параметры в зеленое поле справа в окне программы (рис. 1). На рисунке 2 представлены примеры 3D-моделей, построенных с помощью библиотеки.

Библиотека внедрена в учебный процесс кафедры ТТМ УО «ВГТУ» и кафедры ТМ УО «ВГТУ». Она используется для наглядной демонстрации обучающимся особенностей переплетения и влияния линейной плотности и сырья на структуру трикотажа. Библиотека использована авторами в процессе выполнения научных исследований, посвященных разработке трикотажа с повышенными гигиеническими свойствами.

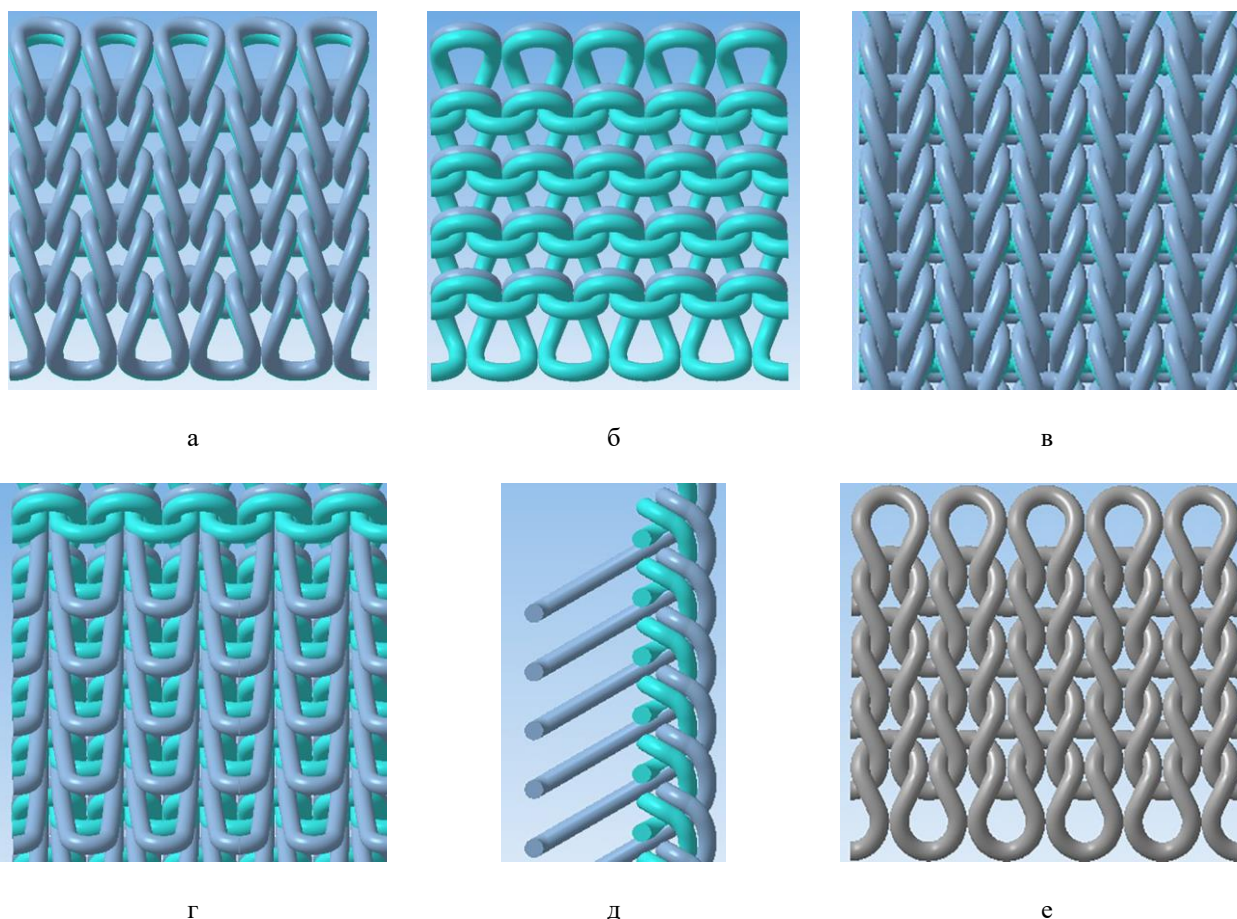


Рисунок 2 – Модели, построенные с использованием библиотеки:
а – платированная гладь (лицевая сторона); б – платированная гладь (изнаночная сторона);
в – плюшевое переплетение (лицевая сторона); г – плюшевое переплетение (изнаночная сторона);
д – плюшевое переплетение (вид сбоку); е – кулирная гладь (лицевая сторона)

ВЫВОДЫ

Разработана прикладная библиотека к САПР «КОМПАС-3D» для автоматизированного проектирования и построения 3D-моделей трикотажа переплетений кулирная гладь, платированная гладь и плюшевых переплетений. Планируется расширение набора поддерживаемых переплетений. Библиотека внедрена в учебный

процесс кафедры ТТМ УО «ВГТУ» и кафедры ТМ УО «ВГТУ» и используется для наглядной демонстрации обучающимся особенностей переплетений и влияния линейной плотности и сырья на структуру трикотажа. Библиотека использована авторами в процессе выполнения научных исследований, посвященных разработке трикотажа с повышенными гигиеническими свойствами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будяков, В. В. 3D моделирование в машиностроении / В. В. Будяков, С. В. Щербина, Т. Горис // *Аспекты развития науки, образования и модернизации промышленности : материалы XIII региональной научно-практической конференции учреждений высшего и среднего профессионального образования, Таганрог, 21 мая 2015 г.* – Ростов-на-Дону : ДГТУ, 2015. – С. 277–280.
2. Николаенко, А. Н. Применение 3D-моделирования и трехмерной печати в хирургии (обзор литературы) / А. Н. Николаенко // *Medline.ru. Российский биомедицинский журнал.* – 2018. – Т. 19. – С. 20–44.
3. Шубенкова, М. Ю. Компьютерное моделирование как средство архитектурно-исторического анализа / М. Ю. Шубенкова // *АМТ.* – 2008. – № 2 (3). – С. 1–9.
4. Зубова, Л. Д. Технологии 3D в проектировании. Реальность и перспективы / Л. Д. Зубова // *Нефть. Газ. Новации.* – 2015. – № 1. – С. 31–38.
5. Экономические выгоды применения комбинированных моделей BIM-ГИС в строительной отрасли. Обзор состояния в мире / В. П. Куприяновский [и др.] // *International Journal of Open Information Technologies.* – 2016. – Vol. 4., № 5. – 2016. – С. 14–24.

6. Кизилов, Е. Е. Применение 3D-моделирования в кино и видео-индустрии / Е. Е. Кизилов // Электронный научно-практический журнал «Современные научные исследования и инновации». – 2017. – № 1 (69). – С. 271–274.
7. Евдокимова, А. А. Разработка 3D-моделей для игр с дополненной реальностью / А. А. Евдокимова, А. К. Широков // Творчество молодых: дизайн, реклама, информационные технологии : материалы XVII Всероссийской научно-практической конференции студентов и аспирантов. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2018. – С. 119–121.
8. КОМПАС-3D. Официальный сайт САПР КОМПАС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kompas.ru/>. – Дата доступа: 25.03.2022.
9. Кудрявин, Л. А. Основы технологии трикотажного производства : учеб. пособие для вузов / Л. А. Кудрявин, И. И. Шалов. – М. : Легпромбытиздат, 1991. – 496 с.
10. Чарковский, А. В. Основы процессов вязания / А. В. Чарковский. – Витебск : УО «ВГТУ», 2005. – 165 с.

REFERENCES

1. Budyakov, V. V. 3D modeling in mechanical engineering / V. V. Budyakov, S. V. Shcherbina, T. Goris // Aspects of the development of science, education and modernization of industry : materials of the XIII regional scientific and practical conference of institutions of higher and secondary vocational education, Taganrog, May 21, 2015. – Rostov-on-Don : DSTU, 2015. – P. 277–280.
2. Nikolaenko, A. N. Application of 3D modeling and 3D printing in surgery (literature review) / A. N. Nikolaenko // Medline.ru. Russian biomedical journal. – 2018. – Vol. 19. – P. 20–44.
3. Shubenkova, M. Yu. Computer modeling as a means of architectural and historical analysis / M. Yu. Shubenkova // AMIT. – 2008. – № 2 (3). – P. 1–9.
4. Zubova, L. D. 3D technologies in design. Reality and prospects / L. D. Zubova // Oil. Gas. Innovations. – 2015. – № 1. – P. 31–38.
5. Economic benefits of using combined BIM-GIS models in the construction industry. Overview of the state of the world / V. P. Kupriyanovsky [et al.] // International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Vol. 4., № 5. – 2016. – P. 14–24.
6. Kizilov, E. E. Application of 3D-modeling in the film and video industry / E. E. Kizilov // Electronic scientific and practical journal "Modern scientific research and innovation". – 2017. – № 1 (69). – P. 271–274.
7. Evdokimova, A. A. Development of 3D models for games with augmented reality / A. A. Evdokimova, A. K. Shirokov // Creativity of the young: design, advertising, information technology : materials of the XVII All-Russian scientific and practical conference of students and graduate students. – Омск : Publishing House of OmSTU, 2018. – S. 119–121.
8. KOMPAS-3D. Official site of CAD KOMPAS [Electronic resource]. – Access mode: <https://kompas.ru/>. – Access date: 03/25/2022.
9. Kudryavin, L. A. Fundamentals of knitwear production technology : textbook allowance for universities / L. A. Kudryavin, I. I. Shalov. – М. : Legprombytizdat, 1991. – 496 p.
10. Charkovsky, A. V. Fundamentals of knitting processes / A. V. Charkovsky. – Vitebsk : EE "VGTU", 2005. – 165 p.

SPISOK LITERATURY

1. Budjakov, V. V. 3D modelirovanie v mashinostroenii / V. V. Budjakov, S. V. Shherbina, T. Goris // Aspekty razvitiya nauki, obrazovaniya i modernizacii promyshlennosti : materialy XIII regional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii uchrezhdenij vysshego i srednego professional'nogo obrazovaniya, Taganrog, 21 maja 2015 g. – Rostov-na-Donu : DGTU, 2015. – S. 277–280.
2. Nikolaenko, A. N. Primenenie 3D-modelirovaniya i trehmernoj pečati v hirurgii (obzor literatury) / A. N. Nikolaenko // Medline.ru. Rossijskij biomedecinskij zhurnal. – 2018. – T. 19. – S. 20–44.
3. Shubenkova, M. Ju. Komp'juternoe modelirovanie kak sredstvo arhitekturno-istoricheskogo analiza / M. Ju. Shubenkova // AMIT. – 2008. – № 2 (3). – S. 1–9.
4. Zubova, L. D. Tehnologii 3D v proektirovanii. Real'nost' i perspektivy / L. D. Zubova // Neft'. Gaz. Novacii. – 2015. – № 1. – S. 31–38.
5. Jekonomicheskie vygody primeneniya kombinirovannyh modelej BIM-GIS v stroitel'noj otrasli. Obzor sostojanija v mire / V. P. Kuprijanovskij [i dr.] // International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Vol. 4., № 5. – 2016. – S. 14–24.
6. Kizilov, E. E. Primenenie 3D-modelirovaniya v kino i video-industrii / E. E. Kizilov // Jelektronnyj nauchno-prakticheskij zhurnal «Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovacii». – 2017. – № 1 (69). – S. 271–274.
7. Evdokimova, A. A. Razrabotka 3D-modelej dlja igr s dopolnennoj real'nost'ju / A. A. Evdokimova, A. K. Shirokov // Tvorchestvo molodyh: dizajn, reklama, informacionnye tehnologii : materialy XVII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii studentov i aspirantov. – Омск : Izd-vo OmGTU, 2018. – S. 119–121.

8. КОМПАС-3D. Oficial'nyj sayt SAPR КОМПАС [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://kompas.ru/>. – Data dostupa: 25.03.2022.
9. Kudrjavin, L. A. Osnovy tehnologii trikotazhnogo proizvodstva : ucheb. posobie dlja vuzov / L. A. Kudrjavin, I. I. Shalov. – M. : Legprombytizdat, 1991. – 496 s.
10. Charkovskij, A. V. Osnovy processov vjazanija / A. V. Charkovskij. – Vitebsk : UO «VGTU», 2005. – 165 s.

Статья поступила в редакцию 10.02.2022