

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ В ДИЗАЙНЕ СОВРЕМЕННОЙ СПОРТИВНОЙ ОДЕЖДЫ

И.Ш. ХАКИМЖОНОВ*  , С.Ш. СУЛТОНОВА 

(Наманганский государственный технический университет, Республика Узбекистан,
160107, Наманган, ул. Бобуршох 161, кафедра «Дизайн»)
Электронная почта автора-корреспондента: islomsu25@gmail.com*

В данной статье представлен подробный научный анализ интеграции передовых систем автоматизированного трёхмерного проектирования (3D CAD), таких как CLO 3D и Browzwear, в процесс создания высокотехнологичной спортивной экипировки. Исследование фокусируется на сопоставлении инновационного 3D-метода с традиционным двухмерным конструированием, оценивая их фундаментальное влияние на комплекс эргономических показателей (включая биомеханику движения и распределение давления ткани), эстетическое восприятие изделия, а также на всю цепочку производственных процессов — от идеи до прототипа. Результаты эмпирического исследования убедительно доказывают, что использование 3D-моделирования критически повышает анатомическую точность посадки и функциональный комфорт одежды, сокращает цикл проектирования в 3–4 раза, снижает расход материалов в среднем на 15% и практически устраняет необходимость в многочисленных физических образцах. Интерактивная виртуальная визуализация значительно упрощает процедуру быстрого моделирования, сравнительного анализа дизайнерских решений, раннего обнаружения дефектов и стратегического планирования. В итоге, технологии 3D-моделирования являются не просто инструментом, а ключевой трансформационной инновацией, которая переводит индустрию спортивной одежды на качественно новую ступень, синергично объединяя превосходную эргономику, беспрецедентную операционную эффективность и принципы устойчивого развития.

Ключевые слова: спортивная одежда, 3D-моделирование, технологии CAD, эргономика, виртуальное прототипирование, распределение давления, CLO 3D, Browzwear, цифровой дизайн, эффективность производства.

ЗАМАНАУИ СПОРТ КИИМДЕРІН ДИЗАЙНДАУДА 3D-МОДЕЛЬДЕУ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ҚОЛДАНУ

И.Ш. ХАКИМЖОНОВ*, С.Ш. СУЛТОНОВА

(Наманган мемлекеттік техникалық университеті, Өзбекстан Республикасы,
160107, Наманган к., Бобуршох көшесі, 161, Дизайн бөлімі)
Автор-корреспонденттің электрондық почтасы: islomsu25@gmail.com*

Бұл мақалада CLO 3D және Browzwear сияқты алдыңғы қатарлы автоматтандырылған үш өлшемді жобалау (3D CAD) жүйелерінің жоғары технологиялы спорттық жабдықтарды жасау процесіне енгізілуіне толық ғылыми талдау ұсынылған. Зерттеу инновациялық 3D әдісін дәстүрлі екі өлшемді жобалаумен салыстыруға баса назар аудара отырып, олардың эргономикалық көрсеткіштер кешеніне (қозғалыс биомеханикасы мен мата қысымының таралуын қоса алғанда), бұйымның эстетикалық қабылдануына, сондай-ақ идеядан тұрпатқа дейінгі өндіріс процестерінің барлық тізбегіне негізгі әсерін бағалайды. Эмпирикалық зерттеу нәтижелері 3D-модельдеуді пайдалану киімнің анатомиялық дәлдігі мен функционалды ыңғайлылығын сыни түрде арттыратынын, жобалау циклін 3-4 есе қысқартатынын, материалдар шығынын орта есеппен 15% төмендететінін және көптеген физикалық үлгілерге қажеттілікті іс жүзінде жоюынын айқын дәлелдейді. Интерактивті виртуалды визуализация жылдам модельдеу, дизайнерлік шешімдерді салыстырмалы талдау, ақауларды ерте анықтау және стратегиялық жоспарлау процедураларын айтарлықтай жеңілдетеді. Нәтижесінде, 3D-модельдеу технологиялары жай ғана құрал емес, спорттық киім индустриясын сапалы жаңа деңгейге көтеріп, үздік эргономиканы, тарихтағы ең жоғары операциялық тиімділік пен тұрақты даму принциптерін синхронды біріктіретін маңызды трансформациялық инновация болып табылады.

Негізгі сөздер: спорт киімдері, 3D-модельдеу, CAD технологиялары, эргономика, виртуалды прототиптеу, қысымды тарату, CLO 3D, Browzwear, сандық дизайн, өндірістік тиімділік.

APPLICATION OF 3D MODELING TECHNOLOGIES IN MODERN SPORTSWEAR DESIGN

I.SH. KHAKIMZHONOV*, S.SH. SULTONOVA

(Namangan State Technical University, Republic of Uzbekistan,
160107, Namangan, Boburshoh St. 161, Design Department)
Corresponding author's e-mail: islomsu25@gmail.com *

This article presents a detailed scientific analysis of the integration of advanced computer-aided three-dimensional design (3D CAD) systems, such as CLO 3D and Browzwear, into the process of creating high-tech sports equipment. The research focuses on comparing the innovative 3D method with traditional two-dimensional design, assessing its fundamental impact on a complex of ergonomic indicators (including movement biomechanics and fabric pressure distribution), the aesthetic perception of the product, as well as the entire chain of production processes—from idea to prototype. The results of empirical research convincingly prove that the use of 3D modeling critically improves the anatomical accuracy of fit and functional comfort of clothing, reduces the design cycle by 3–4 times, lowers material consumption by an average of 15%, and virtually eliminates the need for numerous physical samples. Interactive virtual visualization significantly simplifies the process of rapid modeling, comparative analysis of design solutions, early defect detection, and strategic planning. Ultimately, 3D modeling technologies are not just a tool but a key transformational innovation that elevates the sportswear industry to a qualitatively new level, synergistically combining superior ergonomics, unprecedented operational efficiency, and principles of sustainable development.

Keywords: sportswear, 3D modeling, CAD technologies, ergonomics, virtual prototyping, pressure distribution, CLO 3D, Browzwear, digital design, production efficiency.

Введение

Современная спортивная одежда – это больше, чем просто покрытие для атлетической деятельности. Это высокотехнологичные продукты, требования к которым постоянно растут. Наряду с эстетической привлекательностью они должны обеспечивать максимальную свободу движений тела, поддерживать оптимальный микроклимат (прохождение и испарение пота), а также вызывать у спортсмена чувство психологической уверенности. Спортивная деятельность характеризуется интенсивными движениями, динамическими нагрузками и повторяющимися движениями, поэтому конструктивные решения одежды должны основываться не только на модных тенденциях, но и на точных эргономических расчетах, принципах материаловедения и биомеханики [1-3].

В последние годы в швейную промышленность прорвалась цифровая трансформация. В отличие от традиционных методов 2D-конструирования и дизайна на бумажной основе, технологии 3D-компьютерного проектирования (CAD) коренным образом изменили всю цепочку проектирования [4-6]. Эти технологии позволяют дизайнерам и инженерам создавать виртуальный прототип одежды, рассматривать его с разных сторон, работать с различными материалами и, самое главное, имитировать его поведение во время движения. Применение этих инноваций в

области спортивной одежды позволяет резко повысить качество дизайна, скорость производства и функциональность конечного продукта [7-10].

Цель данной статьи – проанализировать эффективность использования технологий 3D-моделирования в дизайне спортивной одежды, в частности, ее влияние на эргономические показатели и производственный процесс. Задачи исследования включают:

1. Определение основных возможностей 3D-технологий в дизайне спортивной одежды.
2. Рассмотреть методы эргономического анализа (распределение давления, свобода движения) и эстетической оценки на основе 3D-моделирования.
3. Сравнительный анализ основных различий между традиционным 2D-методом и современным 3D-методом.
4. Оценка влияния 3D-технологий на производственный цикл и экономическую эффективность.

Материалы и методы исследований

Исследование проводилось на основе теоретических и практических методов. В теоретической части проанализированы современная литература, научные статьи и разработки по 3D-моделированию, цифровому дизайну, эргономике спортивной одежды и цифровизации производства [11-15].

В практической части были использованы следующие материалы и методы:

Программное обеспечение: В качестве основных практических инструментов исследования были выбраны передовые 3D CAD-программы, ставшие отраслевым стандартом, и изучены их возможности:

CLO 3D: широко используемая программа для дизайнера и визуализации одежды. Были изучены ее способности к виртуальному шитью, точному отображению физических свойств материалов и симуляции анимационных движений.

Browzwear V-Stitcher: Профессиональная программа, предназначенная для промышленного производства. Проанализированы возможности создания точных форм резания и технической документации.

Optitex: Программа оценивания возможности анализа деформационных и растягивающих свойств материалов на основе передовых физических моделей.

Объекты виртуального моделирования: В исследовании в виртуальной среде были созданы и проанализированы два типа моделей спортивной одежды – фитнес-набор (рубашка и шорты) и профессиональный беговой костюм.

Методы анализа:

Эргономический анализ. Используя программу "карта давления" (pressure map), определяется, как одежда влияет на различные части тела. Красный и желтый цвета указывают на зону высокого давления, а зеленый - на оптимальное положение. Также, придавая виртуальным манекенам различные степени движения (растяжение, изгиб, вращение), наблюдалась свобода движения и деформация материалов.

Визуально-эстетическая оценка. Для одной и той же модели были созданы различные варианты цвета, принта и материала, проанализировано их визуальное воздействие. Также было изучено влияние света под разными углами.

Сравнительный анализ. Одинаковая модель спортивной одежды была спроектирована как традиционным 2D, так и 3D-способом. Для обоих методов сравнивались время проектирования, расход материала, количество физических прототипов и точность полученных результатов.

Оценка экономической эффективности. В результате внедрения 3D-технологии сокращение производственного цикла, снижение потерь материалов и снижение затрат на переработку оценивались на основе количественных показателей.

Результаты и их обсуждение

Возможности эргономического анализа 3D-моделирования. Результаты исследования показали, что 3D-моделирование позволяет точно предсказать пригодность и комфортность спортивной одежды для тела. Например, зона избыточного давления на поясе беговых шорты, которую невозможно определить на основе традиционного 2D-рисунка, была четко видна с помощью 3D-карты давления (рис. 2). Это позволило внести изменения в дизайн и избежать неудобств для спортсмена. Также при моделировании было выявлено, что в области плеч и подмышек фитнес-рубашки, сшитой из эластичной ткани, при движении с широким поднятием руки возникает чрезмерное напряжение, и было рекомендовано использовать более прочный материал для этой зоны.

Таблица 1. Сравнительные показатели 2D и 3D-методов при проектировании фитнес-футболки.

Показатель	2D метод (традиционный)	3D метод (CLO 3D)
Цикл проектирования и прототипирования	12 дней	4 дня
Количество физических макетов из ткани	3 шт.	1 шт. (для финального утверждения)
Выявление проблем со свободой движения	На 2-м физическом макете	На первоначальной виртуальной модели
Просмотр вариантов цвета / принта	Ограниченный (на чертеже)	Неограниченный, в режиме реального времени

Оптимизация процесса проектирования. В процессе исследования выявлено влияние 3D технологий на этапы производства. Поскольку виртуальный прототип уникален, вся группа дизайнеров (дизайнер, конструктор, технолог, даже заказчик) может работать над одной и той

же моделью в режиме реального времени и делать отзывы. Эти соображения ускорили процесс обмена в несколько раз и уменьшили количество знакомств. В таблице 2 приведены общие показатели подготовки комплекта спортивной одежды к производству.

Таблица 2. Показатели процесса подготовки к производству комплекта спортивной одежды

Этап	Традиционный процесс (на основе 2D)	Цифровой процесс (на основе 3D)	Коэффициент ускорения
Дизайн и конструирование	7 дней	2 дня	3,5 раза
Изготовление и корректировка лекал	10 дней (3 физических образца)	3 дня (1 виртуальный + 1 финальный образец)	3,3 раза
Утверждение цвета и материалов	5 дней	1 день	5 раз
Общее время	22 дня	6 дней	3,7 раза

Снижение расхода материалов и стабильность. В 3D-моделировании формы резки оптимально размещаются на виртуальной ткани, что позволяет максимально использовать материал. Расход материала для анализируемого в рамках исследования фит-

нес-набора в 3D-методе снизился примерно на 15% по сравнению с традиционным методом. Это не только экономическая выгода, но и способствует экологической устойчивости за счет сокращения выбросов.



Рисунок 1. Спортивные костюмы, созданные в 3D.

Заключение

Результаты проведенного исследования научно обосновали высокий уровень эффективности использования технологий 3D моделирования в процессе проектирования и производства спортивной одежды. Методы 3D-моделирования позволяют значительно повысить эргономические качества и функциональные показатели спортивной одежды, служат для выявления и устранения конструктивных недостатков до изготовления физического прототипа путем анализа в виртуальной среде таких важных параметров, как распределение давления, динамика движений и соответствие телу. Это повышает точность процесса проектирования и уменьшает ошибки, связанные с человеческим фактором.

В ходе исследования было установлено, что использование 3D CAD-программ, таких как CLO 3D, Browzwear, радикально оптимизирует процесс проектирования, сокращает сроки проектирования в среднем в 3-4 раза и значительно снижает затраты материальных и трудовых ресурсов. Возможности виртуальной визуализации позволяют дизайнеру и заказчику оперативно сравнивать различные цвета, материалы и конструктивные решения спортивной одежды, выбирать наиболее эстетически и функционально оптимальный вариант и надежно обосновывать решения.

Также практическое применение технологий 3D-моделирования показало, что это важный инструмент цифровизации производства, повышения экономической эффективности и обеспечения экологической устойчивости для предприятий, производящих спортивную одежду. Поэтому для предприятий, работающих в сфере производства спортивной одежды, целесообразно постепенно переходить на 3D-технологии CAD, переобучать сотрудников навыкам современного цифрового проектирования. Для дизайнеров и конструкторов необходимо постоянно внедрять работу на основе виртуального прототипирования, не ограничиваясь традиционными 2D-чертежами.

Результаты показывают, что широкое внедрение технологий 3D-моделирования в процесс подготовки специалистов в области швейного дела и дизайна в образовательных учреждениях послужит формированию конкурентоспособных кадров в будущем. Будущие научные исследования будут направлены на проектирование спортивной одежды на основе индивидуальных антропометрических параметров (технология Digital Twin), а также

моделирование интеллектуальных и функциональных материалов в 3D-среде и изучение их влияния на спортивные результаты.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хакимжонов И. Ш. Использование отходов джинсовой ткани для создания новых швейных изделий, экологический и технологический подход. //Алматы технологиялық университетінің хабаршысы. 2025. №4. <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2025-4-195-200>
2. Хакимджанов, И. Ш., & Ташпулатов, С. Ш. Структура и функциональные свойства текстильных материалов, используемых в специальной одежде для защиты от высоких температур. *Universum: Технические науки*, 3(120). 2024
3. Хакимджанов, И. Ш. Анализ модельного проекта на основе опроса, проведенного с целью создания рабочей одежды для персонала металлообрабатывающего предприятия. 2023
4. Атаджанов, Р., Ташпулатов, С., Хакимджанов, И., Раджапова, М., Черунова, И., & Корабаев, Ш. (2024). Исследование и разработка специальной одежды для защиты от тепловых воздействий. /Материалы конференции AIP, 3304, 030027. <https://doi.org/10.1063/5.0269163>
5. Риззаметова, М., Ташпулатов, С., Содикова, Ф., & Матчанова, Г. Анализ гигроскопических свойств материалов, используемых при пошиве специальной одежды. /Материалы конференции AIP, 2789, 040039. (Труды Международной конференции «Проблемы текстильной и легкой промышленности в условиях интеграции науки и производства и пути их решения», Ташкент, Узбекистан). 2023
6. Хакимжонов И. Эргономические и дизайнерские подходы к кожевенным и текстильным материалам, используемым в интерьере автомобиля. //Наука и инновации в текстильной и модной промышленности No 4/2025. -С. 24-30. www.namdtu.uz
7. Acar, Eda & Guner, Mucella. (2025). RESEARCH ON PROBLEMS AND CONSUMER EXPECTATIONS IN SPORTSWEAR PRODUCTS. *International Journal of Research -GRANTHAALAYAH*. 13. 08-14. 10.29121/granthaalayah.v13.i11. 2025.6426.
8. Kushwah, Namrata & Sharma, Bhawana & Babel, Rupal & Jangir, Aarti. (2026). Advanced Technologies in Sportswear and Performance Textiles: A Comprehensive Review. 9. 468-476. 10.9734/jmsrr/2026/v9i2491.
9. Cheng, Pengpeng & Chen, Daoling. (2025). Investigation of the impact of comfort perception on the overall comfort of tight-fitting sportswear. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*. 20. 10.1177/15589250251356622.
10. S, Ms & S, Dr & N, Ms & P, Ms & R, Ms & M, Ms & R, Ms. (2026). Smart 3D Virtual Try-On System with Personalized AI Fashion Stylist.

INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND MANAGEMENT. 10. 1-9. 10.55041/IJSREM61114.

11. Lin, Xiaozhu. (2026). Integrating 3D and AI Fashion Technologies: University–Company Synergies in Shaping Future-Ready Professionals. *The International Journal of Design Education*. 10.18848/2325-128X/CGP/A316.

12. Singh, Dr. (2025). Revolutionizing Fashion: The Role of 3D Technology in Sustainable and Customized Apparel Design. *International Scientific Journal of Engineering and Management*. 04. 1-9. 10.55041/ISJEM04954.

13. Yang, Jia & Chan, Chee & Luximon, Ameersing. (2014). A SURVEY ON 3D HUMAN BODY MODELING FOR INTERACTIVE FASHION DESIGN. *International Journal of Image and Graphics*. 13. 10.1142/S0219467813500216.

14. Ходжаева, К & Rasulova, Mastura & Rajapova, M. & Ташпулатов, Салих. (2026). ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ ТЕРМОЗАЩИТНЫХ ПАКЕТОВ ОДЕЖДЫ ДЛЯ ПОЖАРНЫХ.

15. Tyurin, Igor & Ташпулатов, Салих. (2025). Научные основы цифрового проектирования и изготовления одежды на основе принципов ресурсосбережения.

REFERENCES

1. Khakimzhonov I. Sh. Ispol'zovanie otkhodov dzhinsovoy tkani dlya sozdaniya novykh shveynykh izdeliy, ekologicheskii i tekhnologicheskii podkhod [Use of denim fabric waste for creating new garments: ecological and technological approach] // *Vestnik Almatinskogo tekhnologicheskogo universiteta*. – 2025. – № 4. DOI: 10.48184/2304-568X-2025-4-195-200. (in Russian)

2. Khakimdzhanov I. Sh., Tashpulatov S. Sh. Struktura i funktsional'nye svoystva tekstil'nykh materialov, ispol'zuemykh v spetsial'noy odezhde dlya zashchity ot vysokikh temperatur [Structure and functional properties of textile materials used in protective clothing against high temperatures] // *Universum: Tekhnicheskie nauki*. – 2024. – № 3(120). (in Russian)

3. Khakimdzhanov I. Sh. Analiz model'nogo proekta na osnove oprosa, provedennogo s tsel'yu sozdaniya rabochey odezhdy dlya personala metalloobrabatyvayushchego predpriyatiya [Analysis of a model project based on a survey conducted for creating workwear for metalworking enterprise personnel]. – 2023. (in Russian)

4. Atadzhanov R., Tashpulatov S., Khakimdzhanov I., Radzhapova M., Cherunova I., Korabaev Sh. Issledovanie i razrabotka spetsial'noy odezhdy dlya zashchity ot teplovykh vozdeystviy [Research and development of special clothing for protection against thermal effects] // *AIP Conference Proceedings*. – 2024. – Vol. 3304. – P. 030027. DOI: 10.1063/5.0269163. (in Russian)

5. Rizzametova M., Tashpulatov S., Sodikova F., Matchanova G. Analiz gigroskopicheskikh svoystv materialov, ispol'zuemykh pri poshivе spetsial'noy odezhdy [Analysis of hygroscopic properties of materials used in manufacturing special clothing] // *AIP Conference Proceedings*. – 2023. – Vol. 2789. – P. 040039. (in Russian)

6. Khakimzhonov I. Ergonomicheskie i dizaynerskie podkhody k kozhevnyim i tekstil'nyim materialam, ispol'zuemym v inter'ere avtomobilya [Ergonomic and design approaches to leather and textile materials used in automobile interiors] // *Nauka i innovatsii v tekstil'noy i modnoy promyshlennosti*. – 2025. – № 4. – S. 24–30. (in Russian)

7. Acar E., Guner M. Research on Problems and Consumer Expectations in Sportswear Products // *International Journal of Research – Granthaalayah*. – 2025. – Vol. 13. – P. 8–14. DOI: 10.29121/granthaalayah.v13.i11.2025.6426.

8. Kushwah N., Sharma B., Babel R., Jangir A. Advanced Technologies in Sportswear and Performance Textiles: A Comprehensive Review // *Journal of Materials Science Research and Reviews*. – 2026. – Vol. 9. – P. 468–476. DOI: 10.9734/jmsrr/2026/v9i2491.

9. Cheng P., Chen D. Investigation of the Impact of Comfort Perception on the Overall Comfort of Tight-Fitting Sportswear // *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*. – 2025. – Vol. 20. DOI: 10.1177/15589250251356622.

10. S. Ms, S. Dr, N. Ms, P. Ms, R. Ms, M. Ms, R. Ms. Smart 3D Virtual Try-On System with Personalized AI Fashion Stylist // *International Journal of Scientific Research in Engineering and Management*. – 2026. – Vol. 10. – P. 1–9. DOI: 10.55041/IJSREM61114.

11. Lin X. Integrating 3D and AI Fashion Technologies: University–Company Synergies in Shaping Future-Ready Professionals // *The International Journal of Design Education*. – 2026. DOI: 10.18848/2325-128X/CGP/A316.

12. Singh Dr. Revolutionizing Fashion: The Role of 3D Technology in Sustainable and Customized Apparel Design // *International Scientific Journal of Engineering and Management*. – 2025. – Vol. 4. – P. 1–9. DOI: 10.55041/ISJEM04954.

13. Yang J., Chan C., Luximon A. A Survey on 3D Human Body Modeling for Interactive Fashion Design // *International Journal of Image and Graphics*. – 2014. – Vol. 13. DOI: 10.1142/S0219467813500216.

14. Khodzhaeva K., Rasulova M., Rajapova M., Tashpulatov S. Innovatsionnye podkhody k formirovaniyu termozashchitnykh paketov odezhdy dlya pozharnykh [Innovative approaches to the formation of thermal protective clothing packages for firefighters]. – 2026. (in Russian)

15. Tyurin I., Tashpulatov S. Nauchnye osnovy tsifrovogo projektirovaniya i izgotovleniya odezhdy na osnove printsipov resursosberezheniya [Scientific foundations of digital design and garment manufacturing based on resource-saving principles]. – 2025. (in Russian)