

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**
Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
№ 1 (11), 2023



Витебск

Материалы и технологии – научный рецензируемый журнал, публикующий оригинальные научные исследования, касающиеся вопросов машиностроения и машиноведения, технической эстетики и дизайна. Периодичность выхода журнала – два раза в год.

Кузнецов Андрей Александрович	главный редактор, д.т.н., профессор УО «Витебский государственный технологический университет», Республика Беларусь
Ванкевич Елена Васильевна	заместитель главного редактора, д.э.н., профессор УО «Витебский государственный технологический университет», Республика Беларусь
Радюк Анастасия Николаевна	председатель редакционной коллегии, к.т.н. УО «Витебский государственный технологический университет», Республика Беларусь

Члены редакционной коллегии по направлениям:

05.02.00 «Машиностроение и машиноведение»

Антонюк Владимир Евгеньевич	д.т.н., профессор ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси», Республика Беларусь
Беляков Николай Владимирович	к.т.н., доцент УО «Витебский государственный технологический университет», Республика Беларусь
Жерносек Сергей Васильевич	к.т.н., доцент УО «Витебский государственный технологический университет», Республика Беларусь
Жигалов Анатолий Николаевич	д.т.н., профессор ГНУ «Институт технологии металлов НАН Беларуси», Республика Беларусь
Ковчур Андрей Сергеевич	к.т.н., доцент УО «Витебский государственный технологический университет», Республика Беларусь
Лустенков Михаил Евгеньевич	д.т.н., профессор УО «Белорусско-Российский университет», Республика Беларусь
Михайлов Михаил Иванович	д.т.н., профессор УО «Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого», Республика Беларусь
Попок Николай Николаевич	д.т.н., профессор УО «Полоцкий государственный университет им. Е. Полоцкой», Республика Беларусь
Путеев Николай Владимирович	к.т.н., доцент УО «Витебский государственный технологический университет», Республика Беларусь
Пятов Владислав Владимирович	д.т.н., профессор УО «Витебский государственный технологический университет», Республика Беларусь
Савицкий Василий Васильевич	к.т.н., доцент УО «Витебский государственный технологический университет», Республика Беларусь
Хейфец Михаил Львович	д.т.н., профессор ГНУ «Институт прикладной физики НАН Беларуси», Республика Беларусь ГНУ
Котович Антон Викторович	секретарь тематического направления УО «Витебский государственный технологический университет», Республика Беларусь

17.00.06 «Техническая эстетика и дизайн»

Абрамович Наталья Анатольевна	к.т.н., доцент УО «Витебский государственный технологический университет», Республика Беларусь
Бекк Наталья Викторовна	д.т.н., профессор ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств», Российская Федерация
Лихачева Вера Михайловна	профессор ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургская государственная художественно-промышленная академия им. А.Л. Штиглица», Российская Федерация
Малин Андрей Георгиевич	доцент УО «Витебский государственный технологический университет», Республика Беларусь
Мальгунова Надежда Александровна	к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», Российская Федерация
Петрухина Оксана Валерьевна	доцент ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургская государственная художественно-промышленная академия им. А.Л. Штиглица», Российская Федерация
Попова Александра Владимировна	доцент УО «Витебский государственный технологический университет», Республика Беларусь
Самутина Наталья Николаевна	к.т.н., доцент УО «Витебский государственный технологический университет», Республика Беларусь
Тарабуко Наталья Игоревна	доцент УО «Витебский государственный технологический университет», Республика Беларусь
Фуртай-Проскурина Ирина Франциска Викторовна	д-р искусствоведения, профессор ФГБОУ ВО «Ленинградский государственный университет им. А.С. Пушкина», Российская Федерация
Пархимович Юлиана Николаевна	секретарь тематического направления УО «Витебский государственный технологический университет», Республика Беларусь

**MINISTRY OF EDUCATION
THE REPUBLIC OF BELARUS**

Educational Institution
Vitebsk State Technological University

Materials and Technologies

SCIENTIFIC JOURNAL
№ 1 (11), 2023



Vitebsk

Materials and Technologies is a peer-reviewed scientific journal that publishes original scientific research related to Machine Building and Engineering Science, Technical Aesthetics and Design. The journal is published twice a year..

Andrei A. Kuzniatsov Editor-in-Chief, Dr. Sc. (Eng), Professor, EI "VSTU", Republic of Belarus
Alena V. Vankevich Deputy Editor-in-Chief, Dr. Sc. (Econ), Professor, EI "VSTU", Republic of Belarus
Anastasia N. Radyuk Editorial Board Chairperson, Cand. Sc. (Eng), EI "VSTU", Republic of Belarus

Editorial Board members by area of expertise:

05.02.00 "Machine Building and Engineering Science"

Vladimir E. Antonyuk Dr. Sc. (Eng), Professor (The Joint Institute of Mechanical Engineering of the NAS of Belarus, Republic of Belarus)
Nikolay V. Belyakov Cand. Sc. (Eng), Associate Professor (VSTU, Republic of Belarus)
Sergey V. Zhernosek Cand. Sc. (Eng), Associate Professor (VSTU, Republic of Belarus)
Anatolij N. Zhigalov Dr. Sc. (Eng), Professor (The Institute of Technology of Metals of the NAS of Belarus, Republic of Belarus)
Andrei S. Kauchur Cand. Sc. (Eng), Associate Professor (VSTU, Republic of Belarus)
Mikhail E. Lustenkov Dr. Sc. (Eng), Professor (Belarusian-Russian University, Republic of Belarus)
Mikhail I. Mikhailov Dr. Sc. (Eng), Professor (Sukhoi State Technical University of Gomel, Republic of Belarus)
Nikolay N. Popok Dr. Sc. (Eng), Professor (Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk, Republic of Belarus)
Nikolai V. Puteev Cand. Sc. (Eng), Associate Professor (VSTU, Republic of Belarus)
Vladislav V. Pyatov Dr. Sc. (Eng), Professor (VSTU, Republic of Belarus)
Vasili V. Savitski Cand. Sc. (Eng), Associate Professor (VSTU, Republic of Belarus)
Mikhail L. Kheifetz Dr. Sc. (Eng), Professor (The Institute of Applied Physics of the NAS of Belarus, Republic of Belarus)
Anton V. Kotovich Secretary of the thematic area of expertise (VSTU, Republic of Belarus)

17.00.06 "Technical Aesthetics and Design"

Natallia A. Abramovich Cand. Sc. (Eng), Associate Professor (VSTU, Republic of Belarus)
Natalya V. Bekk Dr. Sc. (Eng), Professor (Kryachkov Novosibirsk State University of Architecture, Design and Arts, Russian Federation)
Vera M. Lihacheva Professor (Saint Petersburg Stieglitz State Academy of Art and Design, Russian Federation)
Andrei G. Malin Cand. Sc. (Eng), Associate Professor (VSTU, Republic of Belarus)
Nadezhda A. Malgunova Cand. Sc. (Eng), Associate Professor (Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Russian Federation)
Oksana V. Petrukhina Associate Professor (Saint Petersburg Stieglitz State Academy of Art and Design, Russian Federation)
Aleksandra V. Popova Associate Professor (VSTU, Republic of Belarus)
Natallia N. Samutsina Cand. Sc. (Eng), Associate Professor (VSTU, Republic of Belarus)
Natalia I. Tarabuco Associate Professor (VSTU, Republic of Belarus)
Francisca Foortai Dr. Sc. (Arts), Professor (Pushkin Leningrad State University, Russian Federation)
Yuliana N. Parkhimovich Secretary of the thematic area of expertise (VSTU, Republic of Belarus)

**МАШИНОСТРОЕНИЕ
И МАШИНОВЕДЕНИЕ**
**MACHINE BUILDING
AND ENGINEERING SCIENCE**

- | | |
|---|---|
| <p>Динамическое определение опасных участков механизмов методами САПР Autodesk Inventor
<i>Н.В. Путеева, Д.Г. Латушкин, В.В. Савицкий</i></p> <p>Система поддержки принятия решений по выбору средств измерения линейных размеров и допусков расположения для подготовки производства нетиповых деталей машин
<i>Н.В. Беляков, Н.Н. Попок</i></p> <p>Методика определения границ переходных процессов при размерной настройке инструментов для программирования сверления отверстий на станках с ЧПУ
<i>Н.В. Беляков, С.К. Селезнёв</i></p> <p>Теория экструзии вязко-пластичных сред: история, терминология, классификация
<i>В.В. Пятов, А.Н. Голубев</i></p> | <p>6 Dynamic Determination of Dangerous Areas of Mechanisms with Autodesk Inventor CAD Methods
<i>N. Puteev, D. Latushkin, V. Savitsky</i></p> <p>13 Decision Support System for the Selection of Measuring Instruments for Linear Dimensions and Location Tolerances for the Preparation of Production of Atypical Machine Parts
<i>N. Belyakov, N. Popok</i></p> <p>23 Methodology for Determining the Boundaries of Transients During Dimensional Adjustment of Tools for Programming Drilling Holes on CNC Machines
<i>N. Belyakov, S. Seleznev</i></p> <p>34 Visco-Plastic Media Extrusion Theory: History, Terminology, Classification
<i>V. Pyatov, A. Golubev</i></p> |
| ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭСТЕТИКА И ДИЗАЙН | |
| <p>Разработка коллекции спортивной одежды для бега
<i>Н.В. Мурашова, Е.А. Чаленко</i></p> <p>Журнал «Contributor» для стилиста как область fashion-индустрии
<i>А.В. Попова, Д.С. Павлючик</i></p> <p>О методах формирования устойчивой моды
<i>Н.С. Захарчук, Л.В. Попковская</i></p> <p>Применение информационных технологий на этапах эскизного и технического проектирования обуви
<i>О.В. Синева, Ю.С. Конарева, С.В. Казакова</i></p> | <p>43 Designing of a Collection of Sportswear for Running
<i>N. Murashova, E. Chalenko</i></p> <p>49 Contributor Magazine for the Stylist as a Field of Fashion-Industry
<i>A. Popova, D. Pavlyuchik</i></p> <p>54 About Methods for Forming Sustainable Fashion
<i>N. Zakharchuk, L. Popkovskaya</i></p> <p>60 Application of Information Technologies at the Stages of Sketch and Technical Design of Footwear
<i>O. Sineva, Y. Konareva, S. Kazakova</i></p> |

Динамическое определение опасных участков механизмов методами САПР Autodesk Inventor

Н.В. Путеев^а, Д.Г. Латушкин, В.В. Савицкий
Витбский государственный технологический университет, Республика Беларусь
E-mail: *tiomp_vstu@mail.ru

Аннотация. Целью работы являлось изучение процесса потери устойчивости стрелы манипуляторной установки методами твердотельного моделирования, выявление опасных участков в конструкции, способных разрушиться, выработка рекомендаций по предотвращению разрушения стрелы.

Предложено устанавливать измерительные датчики в местах, где напряжение коррелируется с напряжением в месте опасного участка, определённого с помощью системы прочностного анализа САПР Autodesk Inventor.

Ключевые слова: манипулятор, потеря устойчивости стрелы манипулятора, коэффициент запаса прочности, твердотельное моделирование, визуализация процесса деформирования.

Dynamic Determination of Dangerous Areas of Mechanisms with Autodesk Inventor CAD Methods

N. Puteev^a, D. Latushkin, V. Savitsky
Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus
E-mail: *tiomp_vstu@mail.ru

Annotation. The aim of the work was to study the resistance process of the boom of a manipulator installation of solid modeling methods, to identify dangerous areas in the structure with an increase in deformations, a way to collapse, and develop recommendations to prevent the collapse of an arrow.

It is proposed to install measuring sensors in places determined by using the Autodesk Inventor CAD strength analysis system.

Key words: manipulator, loss of stability of the manipulator boom, safety factor, solid modeling, visualization of the deformation process.

Республика Беларусь каждый год увеличивает номенклатуру выпускаемой промышленной продукции. При этом рынок требует необходимую технику, обладающую высокой надёжностью и прочностью.

Традиционные методы проектирования не дают уверенности в обеспечении требуемых качеств, а для проведения испытаний конструкции ещё и затратны по времени. Поэтому всё большее значение приобретают современные программные продукты, позволяющие не только определять опасные участки в конструкции механизмов и давать визуализацию напряженного состояния, но и выявлять влияние динамических нагрузок при изменении места приложения сил во времени и пространстве.

Классические методы сопротивления материалов на взгляд авторов в настоящее время допустимо применять в следующих случаях.

В первом случае для расчёта класса деталей,

геометрическая форма которых для выполнения расчётов моделируется стержнями, оболочками, пластинами, фермами, их сочетаниями и т. д. Удовлетворяющие по точности расчёты прочности можно получить, если на нагружение детали не оказывают существенного влияния контактные нагрузки и отсутствуют концентраторы напряжений, например, проточки, элементы креплений и тому подобное.

Во втором случае выполняется расчёт прочности деталей механизмов, которые не подвержены опасности разрушения вследствие потери устойчивости.

Однако, узлы современных механизмов, таких как роботы, манипуляторы, которые управляются компьютером и выполняют оптимизированный по затратам времени технологический процесс, испытывают сложно-пространственное нагружение деталей. Это неизбежно приводит к необходимости оценки опасности потери устойчивости элементов конструкций

таких механизмов от действия нагрузок, отклонившихся по разным причинам от расчётных плоскостей. Классическим примером механизма, в котором протекает такой процесс, является разрушение вертикально нагруженного стержня при отклонении нагрузки от оси стержня, приведенный в работе [1]. Данная ситуация типична для грузоподъёмных механизмов, в частности манипуляторов, конструктивные элементы которых при расчётах рассматриваются как стержни.

Проведем анализ методик решения задачи исследования устойчивости элемента конструкции методами классической механики и сопротивления материалов, описанных в трудах известных ученых.

При этом отметим, что в большинстве случаев исследуется потенциальная энергия изгиба в одной из плоскостей и энергия кручения стержня относительно его оси (рис. 1) [1].

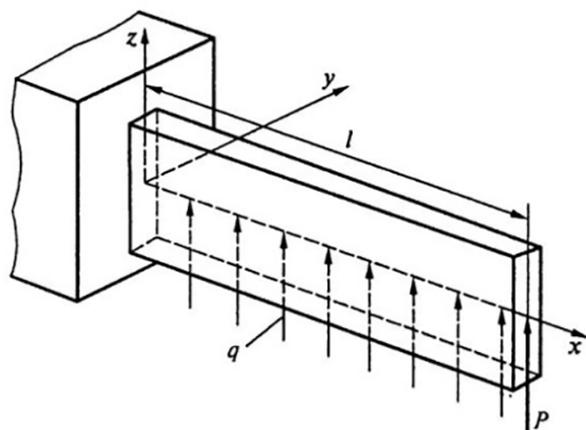


Рисунок 1 – Искривление стержня при косом изгибе

Так в [1] уравнению устойчивости стержня описывается перемещение v точек оси стержня и угла φ поворота сечения в плоскости yz (рис. 2)

$$\Delta W = \frac{1}{2} \int_0^l EJv''^2 dx + \frac{1}{2} \int_0^l GJ_K \phi'^2 dx + \int_0^l \left(\int_F \sigma_x \varepsilon_x dF \right) dx,$$

где EJ – изгибная жёсткость стержня в плоскости xz ; GJ_K – жёсткость стержня на кручение; ε_x – дополнительные квадратичные удлинения.

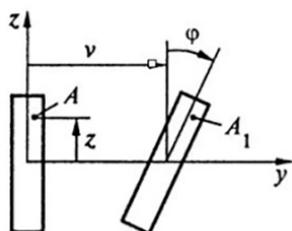


Рисунок 2 – Деформирование стержня при потере устойчивости

В источнике [1] приведены формулы для определения значений критических моментов и сил

В источнике [2] также исследовалась устойчивость стержней по полной потенциальной энергии в составе потенциальной энергии начального прямолинейного состояния равновесия и изменения полной потенциальной энергии, вызванной изгибом стержня, и получены формулы для определения энергии и наибольшего сжимающего напряжения.

Расчёты с использованием формул, приведенных в [1–2], при очевидной сложности приводят к результатам неприемлемой точности, о чём отмечали сами авторы, поэтому неудивительно, что происходил поиск более адекватных методов расчёта.

Так, в трудах С.П. Тимошенко и других ученых появилась теория структур, матричный структурный анализ, развитие которых привело к появлению метода конечных элементов (МКЭ).

Сущность и основное преимущество МКЭ – точность, отразил О. Зенкевич. В работе [3] автор указывает, что «метод конечных элементов по существу сводится к аппроксимации сплошной среды с бесконечным числом степеней свободы совокупностью ... элементов, имеющих конечное число степеней свободы, между этими элементами ... устанавливается взаимосвязь. Предварительный расчет позволяет однозначно определить напряжения в любой заданной точке через узловые перемещения». Поэтому МКЭ очень хорошо сочетается с программными продуктами твердотельного 3D-проектирования. Поскольку 3D-модели деталей позволяют получать высокоточные значения перемещений во всех геометрических элементах детали, расчёты по МКЭ в системах автоматизированного проектирования (САПР) являются достаточно точными, наглядными и не требуют значительных затрат времени.

В трудах современных исследователей данное направление исследований успешно развивается. Однако, применение программных продуктов, требующих серьезных упрощений в схемах «деталь-нагрузка» [4–5], на наш взгляд, не дает достоверных результатов. Поэтому все чаще исследователями применяется САПР AUTODESK INVENTOR [6–7].

При работе в САПР на базе программных продуктов AUTODESK, вследствие реализации в них МКЭ, устраняются указанные выше недостатки применения расчётных методов: существенное упрощение геометрической модели детали и искажение нагружения при выборе расчётной схемы.

Целью работы являлась выработка рекомендаций по предотвращению разрушения стрелы вследствие потери устойчивости. При этом методами твердотельного моделирования выявляются опасные участки в конструкции стрелы манипуляторной установки, способные разрушиться при нарастании деформаций.

Для достижения цели решались следующие задачи:

- выбор объекта исследования;
- определение метода исследования напряжённо-деформированного состояния объекта;
- построение 3D-модели конструкции стрелы манипулятора;
- определение схемы нагружения;
- моделирование и визуализация распределения нагрузок на 3D-модель;
- динамическая визуализация процесса нагружения и деформирования;
- анализ полученных результатов;
- выявление опасных участков конструкции;
- предложение по предупреждению аварийных ситуаций.

Потеря устойчивости приводит, как правило, к разрушению металлоконструкции манипуляторной установки (МУ) без возможности её дальнейшего восстановления, а также возможным вторичным разрушениям и даже человеческим жертвам.

Согласно ГОСТ 32579.1–2013 [8] нагрузки на манипуляторные установки по частоте возникновения делятся на несколько категорий: регулярные, нерегулярные, исключительные и особые. Конкретные виды нагрузок, относящихся к этим категориям, зависят от типа грузоподъемного устройства и условий его эксплуатации:

- а) регулярные нагрузки обусловлены гравитацией, а также действием ускорений (замедлений), создаваемых механизмами при перемещении масс манипуляторного устройства и груза. Кроме того, регулярными нагрузками могут быть технологические воздействия на элементы специальных кранов;
- б) к нерегулярным нагрузкам относятся нагрузки от ветра рабочего состояния, от снега и льда, тепловых воздействий и перекосов;
- в) исключительные нагрузки могут возникать несколько раз в течение срока службы манипуляторного устройства. Исключительными являются нагрузки, возникающие при испытаниях устройства, ветре нерабочего состояния, в аварийных и других ситуациях;
- г) особые нагрузки возникают при монтаже, демонтаже или транспортировке устройства.

Моделирование нагрузок на манипуляторную установку проводилось в САПР Autodesk Inventor. САПР содержит среду прочностного анализа деталей, которая позволяет реализовать проверку моделей без создания опытных образцов. Вычислительный модуль Autodesk Inventor для прочностных расчётов использует современный конечно-элементный вычислительный комплекс. Это позволяет не упрощать конструкцию, что необходимо при использовании классических методов расчёта. Как следствие, распределение напряжений по элементам конечно-элементной модели ближе к действительному в конструкции реального механизма. При этом необходимо лишь правильно определять граничные условия и схему приложения нагрузок.

Для работы в среде прочностного анализа потребовалось создать 3D-модель конструкции стрелы манипулятора и выбрать материалы, из которых выполнены её элементы. Проектирование модели выполнялось средствами САПР Autodesk Inventor. Используя полученную 3D-модель, в среде прочностного анализа были заданы действующие нагрузки и проанализированы контакты между элементами конструкции. Это позволило задать параметры конечно-элементной сетки, изображённой на рисунке 3.

Система прочностного анализа обладает широким спектром возможностей по выводу результатов расчётов. Она позволила получить цветные карты распределения напряжений (рис. 4), смещений (рис. 5) и выявить опасные участки по коэффициенту запаса прочности (рис. 6).

На основании результатов исследования были обнаружены опасные участки в конструкции манипулятора, потеря устойчивости стрелы; недостаточная прочность проявлялась в проушинах секции стрелы. При этом по соотношению величин нагрузок в стреле и проушине установлено, что они коррелируются.

Для обеспечения надёжной работы манипуляторов, они снабжаются следующими автоматическими приборами и системами безопасности: блоком ограничения грузоподъёмности; блоком аварийной остановки; системой ограничения поднимаемой массы, учитывающей длину выноса стрелы и угол поворота манипулятора; системой контроля углового положения и устойчивости шасси.

Для контроля предельной нагрузки на стреле манипулятора серийно устанавливаются датчики деформаций. Существует множество способов измерения деформаций: тензорезистивный, пьезоэлектрический, оптико-поляризационный, пьезорезистивный, волоконно-оптический, или простым считыванием показаний с линейки механического тензодатчика. Среди электронных датчиков наибольшее распространение получили тензорезистивные датчики.

Датчик деформации прикрепляется непосредственно к плоской поверхности нагружаемого объекта. Однако в месте выявленного опасного участка невозможно установить серийные датчики предельной нагрузки из-за их габаритов.

В связи с этим предложено устанавливать измерительные датчики в местах, где напряжение коррелируется с напряжением в месте опасного участка, определённого с помощью системы прочностного анализа САПР Autodesk Inventor. Для параметризации показаний датчика деформации используют управляющий контакт. Значения параметров определяют при нулевом и максимальном значении приложенной нагрузки.

При этом настройку сигнала опасности производят не по напряжению прочностного предела в стреле манипулятора, а по пределу устойчивости с учётом корреляции напряжений в стреле и проушине.

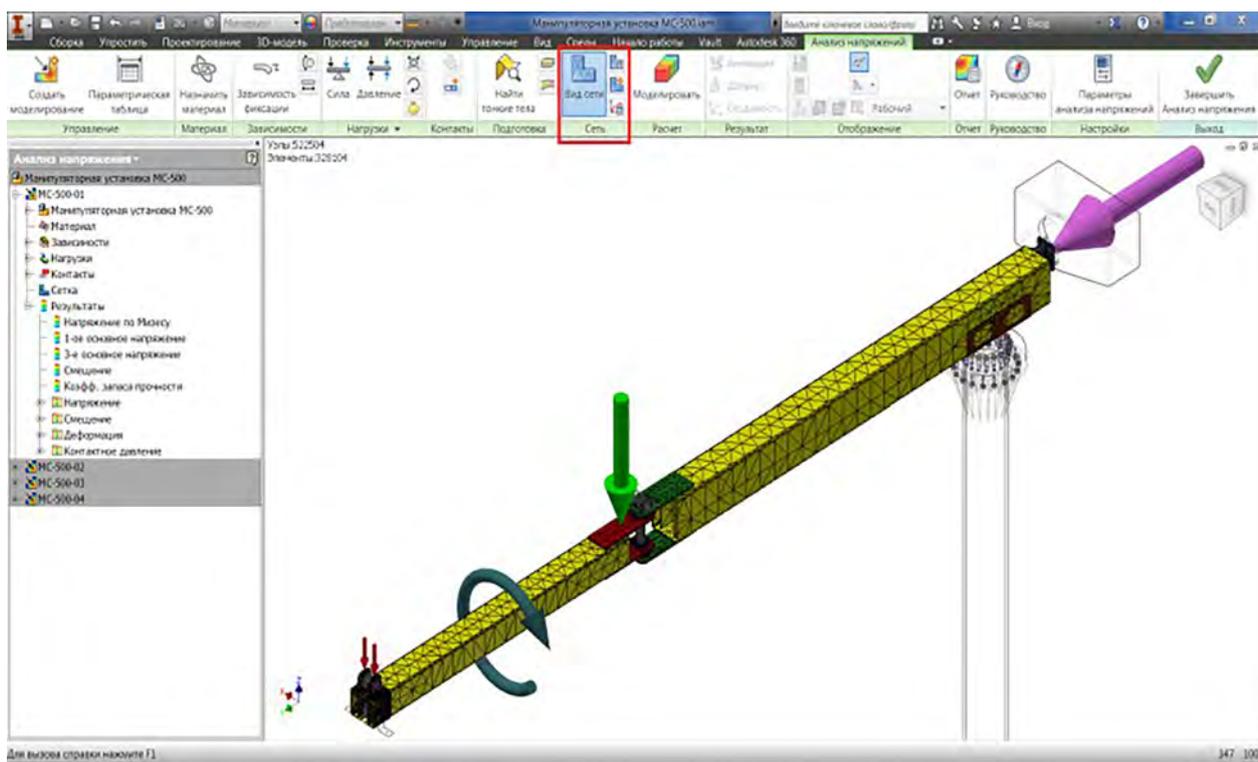


Рисунок 3 – Задание нагрузок и параметров КЭ-сетки

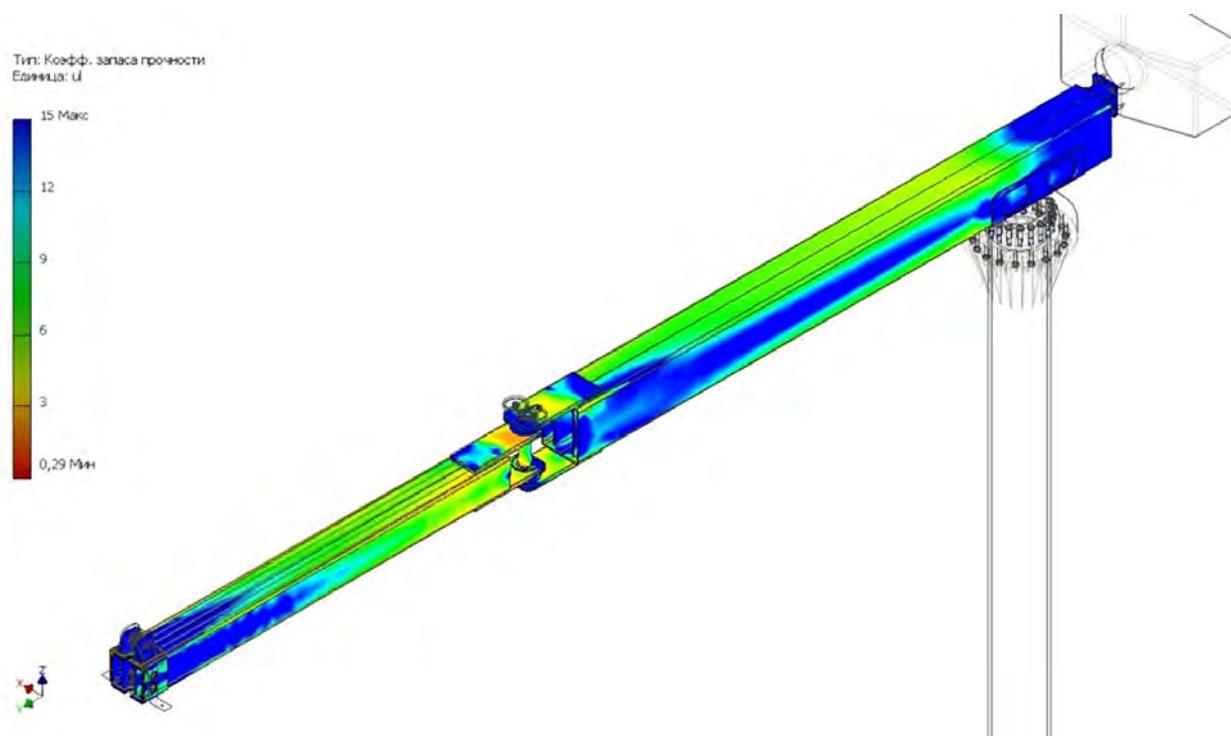


Рисунок 4 – Карта распределения напряжений

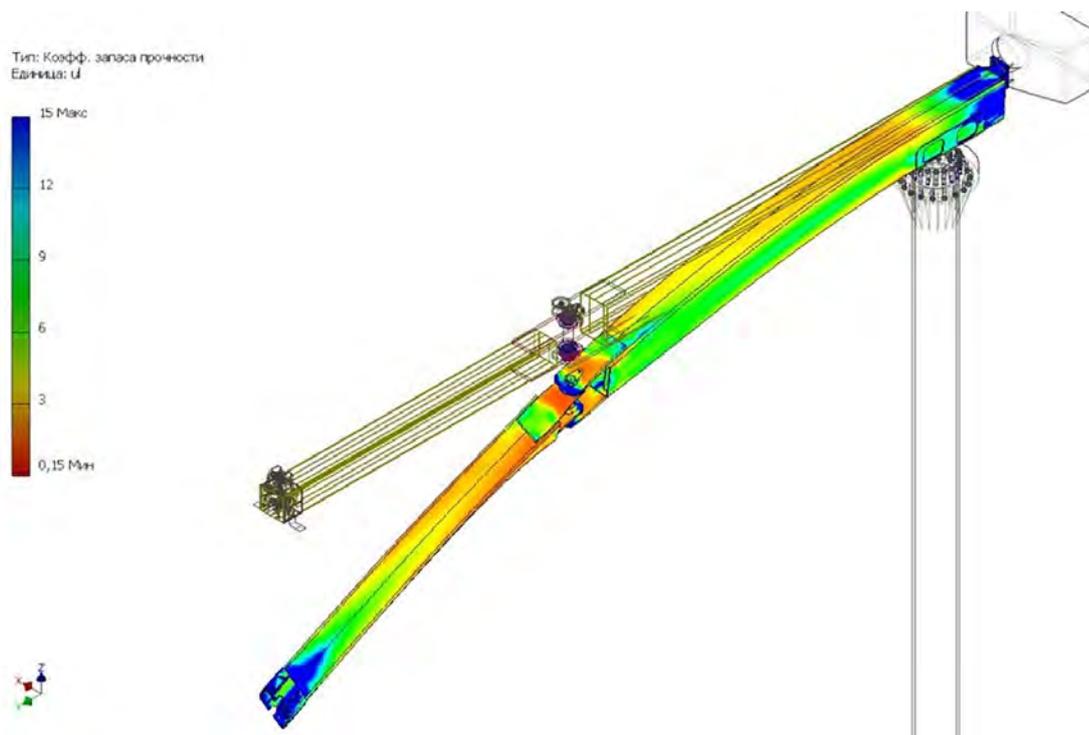


Рисунок 5 – Стрела манипулятора при допустимой нагрузке и после потери устойчивости

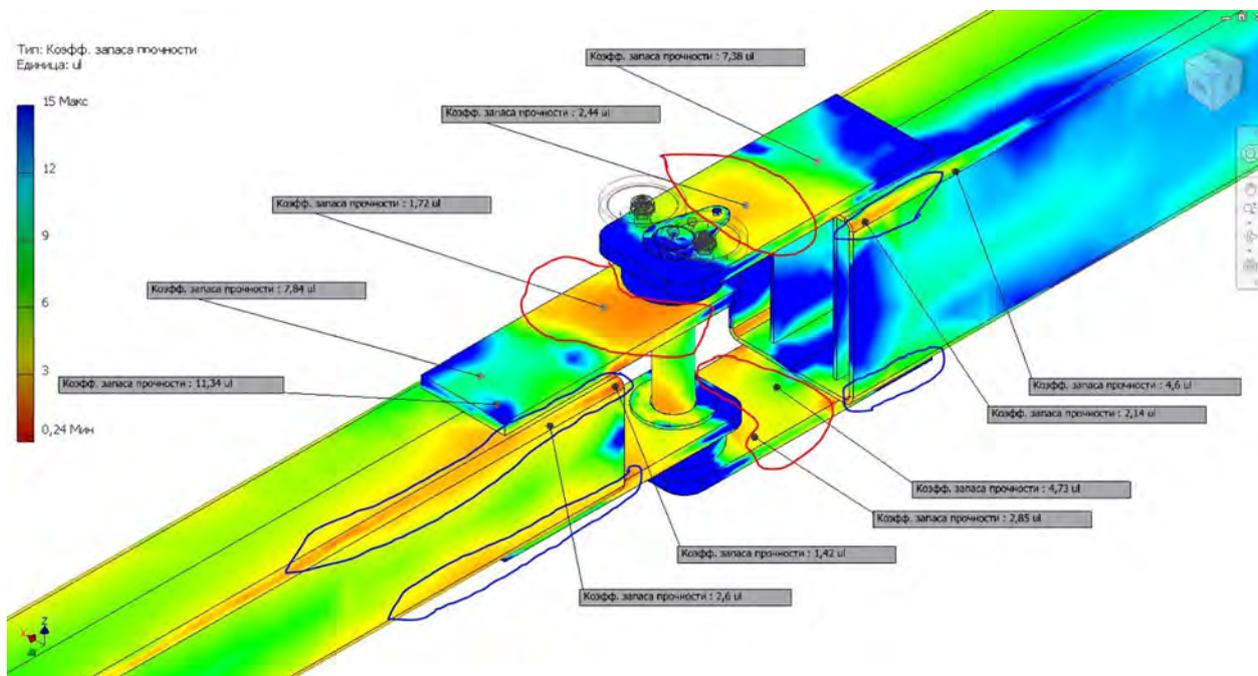


Рисунок 6 – Опасные участки, местные концентраторы напряжений (выделены замкнутыми линиями) и коэффициенты запаса прочности

Предложенный метод расчёта предельных нагрузок и динамического анализа нагружения, установки и настройки датчиков предельных нагрузок в местах выявленных опасных участков применим в различных отраслях машиностроения.

Наибольшая эффективность данного метода проявляется при проектировании механизмов со сложными пространственными элементами конструкции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алфутов, Н. А. Устойчивость движения и равновесия / Н. А. Алфутов, К. С. Колесников. – Москва, 2003. – 256 с.
2. Тимошенко, С. П. Сопротивление материалов / С. П. Тимошенко. – Москва, 1965. – 364 с.
3. Зенкевич, О. Метод конечных элементов в технике / О. Зенкевич. – Москва, 1975. – 541 с.
4. Чиров, А. Н. Силовой расчет плоского параллельного манипулятора / А. Н. Чиров, А. М. Сапегин, Л. В. Ручкин // Автоматизированное проектирование в машиностроении. – 2020. – № 8. – С. 16–19.
5. Ручкин, Л. В. Силовой расчет параллельного манипулятора в программном пакете Labview / Л. В. Ручкин, Н. Л. Ручкина // Решетневские чтения. – 2017. – № 21. – Ч. 1. – С. 527–528.
6. Балакин, А. И. Исследование воздействия нагрузок на деталь с использованием метода конечных элементов / А. И. Балакин, Н. А. Балакина // Аллея науки. – 2017. – № 16. – Т. 2. – С. 810–815.
7. Бурков, П. В. Изучение напряженно-деформированного состояния трубопровода сложной формы под действием комплексной нагрузки методом конечных элементов с использованием программного обеспечения AUTODESK INVENTOR / П. В. Бурков, В. П. Бурков, П. О. Дедеев // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2018. – № 4. – С. 84–92.
8. Краны грузоподъемные. Принципы формирования расчетных нагрузок и комбинаций нагрузок : ГОСТ 32579.1–2013. – Введ. 2015-06-01. – Москва : Стандартинформ, 2015. – 30 с.

REFERENCES

1. Alfutov, N. A. Stability of motion and equilibrium / N. A. Alfutov, K. S. Kolesnikov. – Moscow, 2003. – 256 p.
2. Timoshenko, S. P. Resistance of materials / S. P. Timoshenko. – Moscow, 1965. – 364 p.
3. Zenkevich, O. The finite element method in technology / O. Zenkevich. – Moscow, 1975. – 541 p.
4. Chirov, A. N. Power calculation of a plane parallel manipulator / A. N. Chirov, A. M. Sapegin, L. V. Ruchkin // Computer-aided design in mechanical engineering. – 2020. – № 8. – P. 16–19.
5. Ruchkin, L. V. Force calculation of a parallel manipulator in the Labview software package / L. V. Ruchkin, N. L. Ruchkina // Reshetnevskiy chteniya. – 2017. – № 21. – Part 1. – P. 527–528.
6. Balakin, A. I. Investigation of the effect of loads on a part using the finite element method / A. I. Balakin, N. A. Balakina // Alley of Science. – 2017. – № 16. – Vol. 2. – P. 810–815.
7. Burkov, P. V. Study of the stress-strain state of a pipeline of complex shape under the action of a complex load by the finite element method using the AUTODESK INVENTOR software / P. V. Burkov, V. P. Burkov, P. O. Dedeev // Bulletin of KuzGTU. – 2018. – № 4. – P. 84–92.
8. Cranes. Design principles for loads and load combinations : GOST 32579.1–2013. – Enter 2015-06-01. – Moscow : Standardinform, 2015. – 30 p.

SPISOK LITERATURY

1. Alfutov, N. A. Ustojchivost' dvizheniya i ravnovesiya / N. A. Alfutov, K. S. Kolesnikov. – Moskva, 2003. – 256 s.
2. Timoshenko, S. P. Soprotivlenie materialov / S. P. Timoshenko. – Moskva, 1965. – 364 s.
3. Zenkevich, O. Metod konechnykh jelementov v tehnikе / O. Zenkevich. – Moskva, 1975. – 541 s.
4. Chirov, A.N. Silovoj raschet ploskogo parallel'nogo manipuljatora / A.N. Chirov, A.M. Sapegin, L.V. Ruchkin // Avtomatizirovannoe proektirovanie v mashinostroenii. – 2020. – № 8. – S.16–19 .
5. Ruchkin, L.V. Silovoj raschet parallel'nogo manipuljatora v programmnom pakete Labview / L.V. Ruchkin, N.L. Ruchkina // Reshetnevskie chteniya. – 2017. – № 21–1. – S. 527–528.
6. Balakin, A.I. Issledovanie vozdejstviya nagruzok na detal' s ispol'zovaniem metoda konechnykh jelementov / A.I. Balakin, N.A. Balakina // Alleja nauki. – 2017. – № 16. – Tom 2. – S. 810–815

7. Burkov, P.V. Izuchenie naprjazhenno-deformirovannogo sostojanija truboprovoda slozhnoj formy pod dejstviem kompleksnoj nagruzki metodom konechnyh jelementov s ispol'zovaniem programmnoho obespechenija AUTODESK INVENTOR / P.V. Burkov, V.P. Burkov, P.O. Dedeev // Vestnik KuzGTU. – 2018. – № 4. – С. 84–92.

8. Krany gruzopod#emnye. Principy formirovanija raschetnyh nagruzok i kombinacij nagruzok: GOST 32579.1–2013. – Vveden 06.01.2015. – Moskva: Standartinform, 2015. –30 s.

Статья поступила в редакцию 14.09.2023.

Система поддержки принятия решений по выбору средств измерения линейных размеров и допусков расположения для подготовки производства нетиповых деталей машин

Н.В. Беляков^{1а}, Н.Н. Попок^{2б}

¹Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь

²Полоцкий государственный университет им. Евфросинии Полоцкой, Республика Беларусь

E-mail: ^аnikolay_belyakov@mail.ru, ^бn.popok@psu.by

Аннотация. Предложено методическое, алгоритмическое и программное обеспечение проектных процедур системы поддержки принятия решений по выбору средств измерения линейных размеров и допусков расположения в современном многономенклатурном машиностроительном производстве нетиповых деталей. Особенностью разработанного обеспечения является учет особенностей применения, связанных с геометрией поверхностей, видом технологии их формообразования, доступностью, расположением, метрологических характеристик средств измерения и условий измерения. Разработки могут использоваться в проектных бюро машиностроительных предприятий, IT-компаниях для создания и совершенствования автоматизированных систем, учебном процессе для подготовки специалистов в области машиностроения.

Ключевые слова: средство измерения, геометрическая величина, линейный размер, допуск расположения, метрологические характеристики.

Decision Support System for the Selection of Measuring Instruments for Linear Dimensions and Location Tolerances for the Preparation of Production of Atypical Machine Parts

N. Belyakov^{1а}, N. Popok^{2б}

¹Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus

²Euphrosyne Polotskaya state University of Polotsk, Republic of Belarus

E-mail: ^аnikolay_belyakov@mail.ru, ^бn.popok@psu.by

Annotation. Methodological, algorithmic and software support for design procedures of a decision support system for the selection of means for measuring linear dimensions and location tolerances is proposed. Area of use: modern multi-product machine-building production of non-standard parts. A feature of the developed software is to take into account the application features related to the geometry of surfaces, the type of technology of their shaping, availability, location, metrological characteristics of measuring instruments and measurement conditions. The developments can be used in design bureaus of machine-building enterprises, IT companies for the creation and improvement of automated systems, the educational process for the training of specialists in the field of mechanical engineering.

Key words: measuring instrument, geometric quantity, linear size, location tolerance, metrological characteristics.

ВВЕДЕНИЕ

Производство изделий современного машиностроения характеризуется высокими требованиями к качеству изготовления деталей и сборки машин.

Измерения в современных технологических процессах являются источником объективной информации и играют важнейшую роль в управлении качеством

машиностроительной продукции. Инженеры-машиностроители в своей практической работе при проектировании технологических процессов изготовления деталей регулярно решают задачи выбора средств измерений геометрических величин (линейных размеров; расположения; формы; углов; конусов; резьб; шероховатости и волнистости; зубчатых колес; шпоночных соединений; шлицевых соединений; больших длин и диаметров; толщин покрытий).

Для нетиповых деталей машин (корпусы, кронштейны, рычаги и т. п.) характерным и частым является задание высоких значений точности линейных размеров и допусков расположения поверхностей [1], трудоемкость измерения которых составляет порядка 80 % от времени измерения всех геометрических величин. Для межоперационного и окончательного их контроля все более широкое применение находят бесконтактные индуктивные и оптоэлектронные системы (лазерные трекеры, интерферометры, триангуляционные датчики, голографические системы и др.), а также системы датчиков и щупов.

Автоматизация проектных работ, связанных с выбором средств измерения линейных размеров и допусков расположения при разработке технологических процессов в машиностроении, может позволить: повысить производительность труда технолога и, как следствие, сократить сроки технологической подготовки производства; повысить уровень качества технологических решений (за счет снижения вероятности ошибок, унификации и типизации).

Анализ работ по автоматизации выбора средств измерения в машиностроении показывает, что в проектной практике находят применение автоматизированные системы метрологического оснащения производства, а также системы автоматизированного проектирования технологических процессов.

Автоматизированные системы метрологического оснащения производства (АИС «Метрконтроль» (ООО «Новософт Развитие» г. Новосибирск), АИС «Метрология» (АО НПП «КПЗ Тайфун» г. Калуга), САМС (ООО «АльтСофт» г. Москва), Global-TLS (ООО «БизнесТехнологии» г. Санкт-Петербург) и др.) используются для: ведения метрологического учета состояния и применения в подразделениях предприятия средств измерений; формирования информации о сроках пригодности средств измерения к применению; использования и анализа информации о применяемых средствах измерения, включая их технические характеристики, методики поверки, сведения об эксплуатационной надежности и др. [2–5].

С помощью систем автоматизированного проектирования технологических процессов формируется комплект технологической документации (операционные, маршрутно-операционные карты, карты контроля и др.), в котором отражаются необходимые для реализации технологии средства измерения. Наибольшее распространение на машиностроитель-

ных предприятиях получили такие системы автоматизированного проектирования технологических процессов, как ВЕРТИКАЛЬ (АО «Аскон» г. Санкт-Петербург), ADEM CAPP (ООО «АДЕМ-инжиниринг» г. Москва), КТД в Windchill с модулем CtrlCard (ООО «ПРО Текнолоджиз» г. Москва), T-FLEX Технология (ЗАО «ТОП Системы» г. Москва), TECHCARD (ОДО «Интермех» г. Минск), SWR-технология (SWR г. Москва) СПРУТ ТП (ООО «СПРУТ технология» г. Набережные Челны), Technologi CS (ГК CSoft, г. Москва), ТехноПро (КРВТ «Вектор-Альянс» г. Москва), ПРАМЕНЬ (УП «Институт Белорганкинпром» г. Минск) и др. [6–10].

При выборе средств измерения геометрических величин с помощью систем автоматизированного проектирования технологических процессов пользователю предлагаются интерфейсы со списком различных универсальных средств измерения упорядоченных, как правило, по принципу действия. Далее выбор средств измерения осуществляется исходя из опыта и интуиции проектировщика на основе анализа точности измеряемых параметров, возможностей средства измерения, его диапазона измерения и единиц деления шкал. В ряде систем предусматриваются «фильтры» для универсальных средств измерения по виду размера, диапазону и пределу измерения (рис. 1).

Основой выбора универсальных средств измерений линейных размеров до 500 мм, а также величин радиального и торцового биений являются рекомендации изложенные в ГОСТ 8.051-81 и РД 50-98-86. В работе [11–14] справедливо указывается ряд очевидных недостатков этих документов: ограниченность списка средств измерений; несовпадение диапазонов номинальных размеров при нормировании точности с типоразмерами средств измерений; не учитывается специфика измеряемой поверхности; оптимальность выбора одного средства измерения из нескольких рекомендованных.

Однако методики и системы автоматизированного выбора средств измерения линейных размеров и допусков расположения, учитывающие особенности применения (связанные с видом технологии образования поверхностей, доступностью и их расположением), метрологические характеристики средств измерения и условия измерения не получили развития. Их создание требует соответствующего анализа и классификации методов и средств измерений, а также формализации и алгоритмизации процессов их хранения (в базах данных) и выбора.

Таким образом, целью работы является разработка методического, алгоритмического и программного обеспечения системы поддержки принятия решений по выбору средств измерения линейных размеров и допусков расположения в современном многоименном машиностроительном производстве нетиповых деталей.

Для достижения указанной цели были поставле-

ны и решены следующие задачи:

- проведен анализ признаков классификации и классификаторов средств измерения линейных размеров и допусков расположения;
- разработано методическое обеспечение процедур выбора средств измерения линейных размеров и допусков расположения;
- разработан алгоритм функционирования и общая структура программного обеспечения по выбору средств их измерения;
- определена конфигурация технических

средств;

- разработано программное обеспечение, проведены его комплексная отладка и предварительные испытания;
- разработаны программные документы;
- проведена опытная эксплуатация системы.

Для исследования и решения поставленных в работе задач использовались методы теоретической метрологии, теорий средств измерений, автоматизации проектирования, системно-структурного анализа и моделирования.

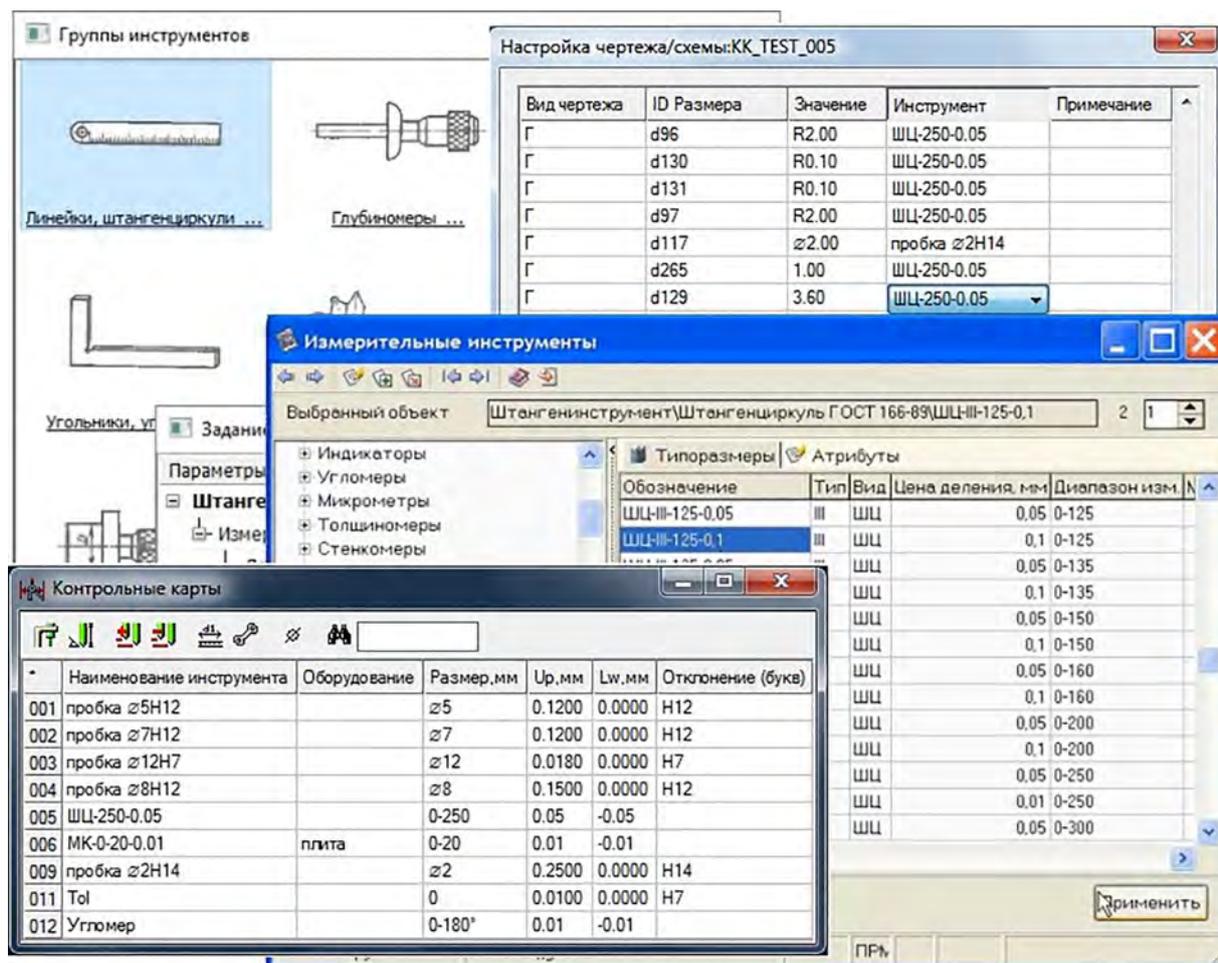


Рисунок 1 – Некоторые интерфейсы SWR-технология, ВЕРТИКАЛЬ, CtrlCard и ТехноПро

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Анализ информационных источников, а также опыта работы машиностроительных предприятий показывает, что средства измерений классифицируются по различным признакам. Причем эти признаки, как правило, взаимно независимы и в средстве измерений могут находиться в различных сочетаниях. К числу таких признаков относятся: вид измеряемых величин; принцип действия; назначение; число проверяемых параметров при одной установке объекта измерения; способ образования показаний;

способ получения числового значения измеряемой величины; точность; условия применения; степень защищенности от внешних магнитных и электрических полей; прочность и устойчивость против механических воздействий и перегрузок; стабильность; чувствительность; пределы и диапазоны измерений; роль, выполняемая в системе обеспечения единства измерений; уровень автоматизации; уровень стандартизации; отношение к измеряемой величине.

За основу выбора средств измерения линейных размеров и допусков расположения предлагается

принять их классификацию по принципу действия. Анализ справочников, сайтов фирм-производителей средств измерения, различных каталогов, а также реестра средств измерения показывает, что к основным средствам измерения линейных размеров относятся: меры длины концевые плоскопараллельные; меры длины штриховые; щупы; калибры; штангенинструменты (штангенциркули, штангенглубиномеры и штангенрейсмасы); микрометрические инструменты (гладкий микрометр, нутромер, глубиномер); рычажно-механические приборы (индикаторы часового типа, измерительные головки с рычажно-зубчатой

передачей, головки высокой точности, нутромеры, микрометры рычажные и др.); оптико-механические и оптические приборы (оптиметры, длинномеры оптические, измерительные машины, измерительные микроскопы, проекционные приборы, катетометры, сферометры и др.); пневматические, электромеханические, электрические и радиационные приборы.

Для хранения данных о метрологических характеристиках средств измерения линейных размеров и условиях их применения предлагается использовать общий формат данных, представленный в таблице 1.

Таблица 1 – Формат представления данных о методах и средствах измерения линейных размеров

Средство измерения	Коэффициент сложности	Случай применения	Вариант использования	Условия измерения				Диапазон измерения				
				УИ ₁	УИ ₂	...	УИ _м	Д ₁	Д ₂	...	Д _г	
СИ ₁	Сл ₁	СП ₁₁	ВИ ₁₁									
			...									
			ВИ _{1р}									
		...										
		СП _{1к}	...									
...									
СИ _н	СЛ _н									

Случай применения предусматривает задание вида размера (охватывающий, охватываемый, нейтральный), а также её геометрии в виде класса (вращение или плоская), подкласса (цилиндр, торец, сфера, тор, канавка, уступ, плоскость, паз и т. д.), вида (открытая, полуоткрытая, закрытая) и типа (наружная или внутренняя) поверхности (ей), которую (ые) ориентирует рассматриваемый размер. Вариантами использования могут быть: использование в руках, на стойке, прочих приспособлениях и др. Условиями измерения являются: температурный режим, установочный узел и т. д. Диапазон, условия измерений и соответствующие погрешности задаются по паспортным данным средства измерения.

Для создания возможности выбора одного средства измерения из нескольких рекомендованных введено понятие коэффициента сложности, под которым предлагается считать стоимость средства измерения с учетом его амортизации и затрат на поверку и калибровку. Такое представление позволяет учесть постоянно расширяющуюся номенклатуру средств измерения и их метрологических характеристик за счет возможности внесения изменений, добавления новых и удаления существующих средств измерения.

Как было отмечено выше, принципиальную роль в алгоритмах по выбору средств измерений линейных размеров и допусков взаимного расположения играет ввод исходных данных. Согласно предлагаемому алгоритму выбора средств измерения линей-

ных размеров (рис. 2) ввод исходных данных предусматривает задание типа размера (охватывающий, охватываемый, нейтральный), а также класса, подкласса, вида и типа поверхности (ей), которую (ые) ориентирует рассматриваемый размер. В том случае, если задается нейтральный размер, то необходимо ввести виды поверхностей, которые ориентирует размер. Предусматривается отображение поверхностей и размеров их ориентирующих. Далее необходимо ввести номинальное значение размера, допуск, вариант использования и условия измерений. Вариантами использования могут быть: использование в руках, на стойке, прочих приспособлениях и др. Условиями измерения являются: температурный режим, установочный узел и т. д. Диапазон, условия измерений и соответствующие погрешности задаются в режиме администратора по паспортным данным средства измерения.

Согласно предлагаемому алгоритму выбора средств измерения допусков взаимного расположения (рис. 3) ввод исходных данных предусматривает задание вида допуска (перпендикулярность, параллельность, наклон, симметричность, соосность, пересечение осей, позиционный допуск), вида поверхности (ось или плоскость). Для удобства ввода предусматривается отображение поверхностей и допусков. Далее необходимо ввести номинальное значение допуска. Средства измерения допусков взаимного расположения предлагается классифици-

ровать по следующим признакам: вид допуска (параллельность, перпендикулярность, соосность, симметричность, наклон, пересечение осей, биение); вид конструктивного элемента (ось, плоскость); применяемые приборы (индикаторы, шупы, микрометры и др.). Для хранения информации о средствах измерения с помощью системы управления базами данных «MicrosoftAccess2015» организованы соответствующие

базы данных, создан массив соответствующих таблиц («Conn_non_tirical_pov», «Conn_tool_dop_param», «Conn_vidpov_podklass», «Dop_param», «Klass_pov», «Pictures_variants», «Podklass_pov», «Pogr_izm_LIN», «Pred_pogr», «Range», «Tools», «Type_izm», «Type_pov», «Vid_pov», «Vid_razmer» и т.д.), а также определена структура полей (рис. 4, табл. 2).

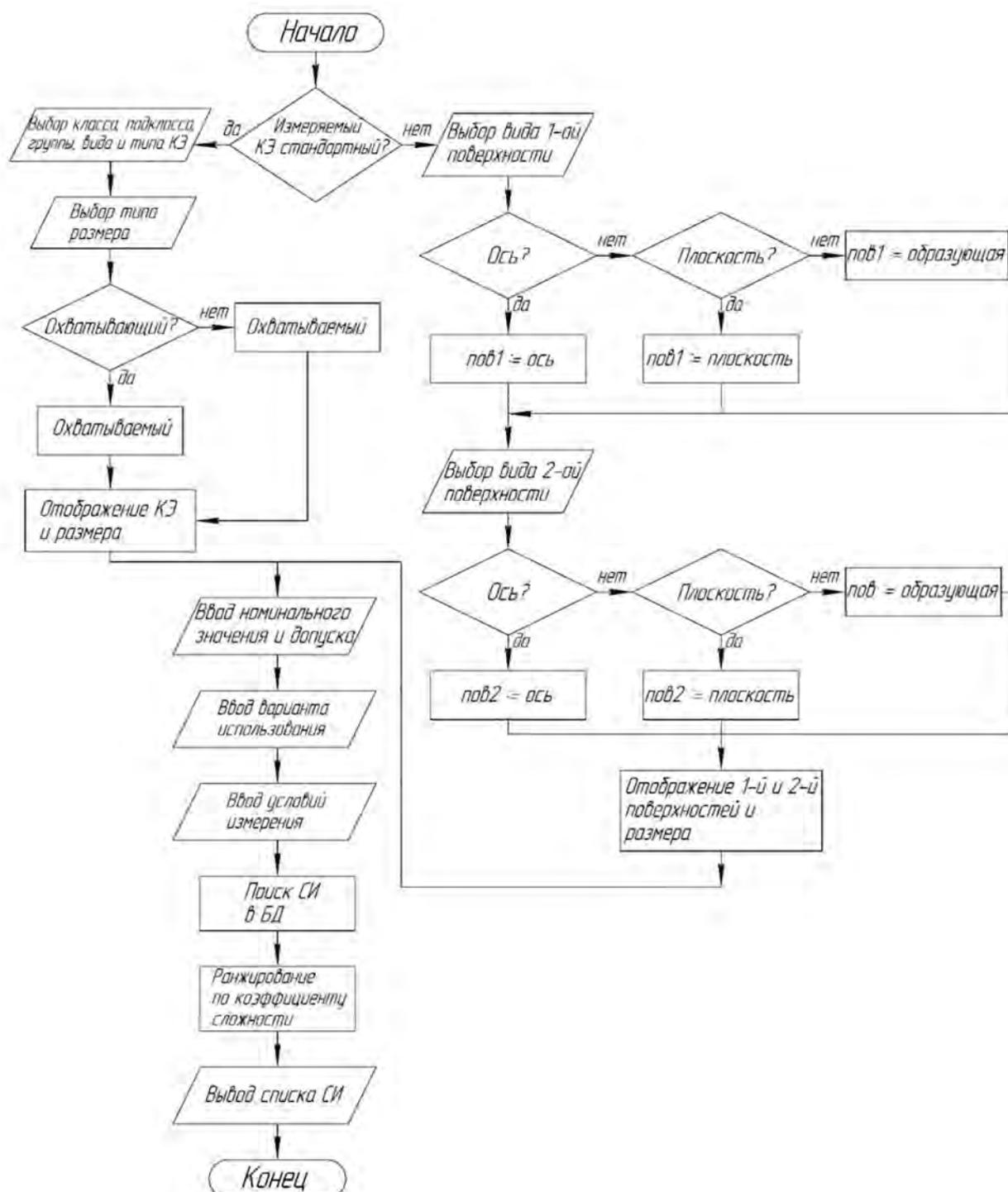


Рисунок 2 – Алгоритм выбора средств измерений линейных размеров

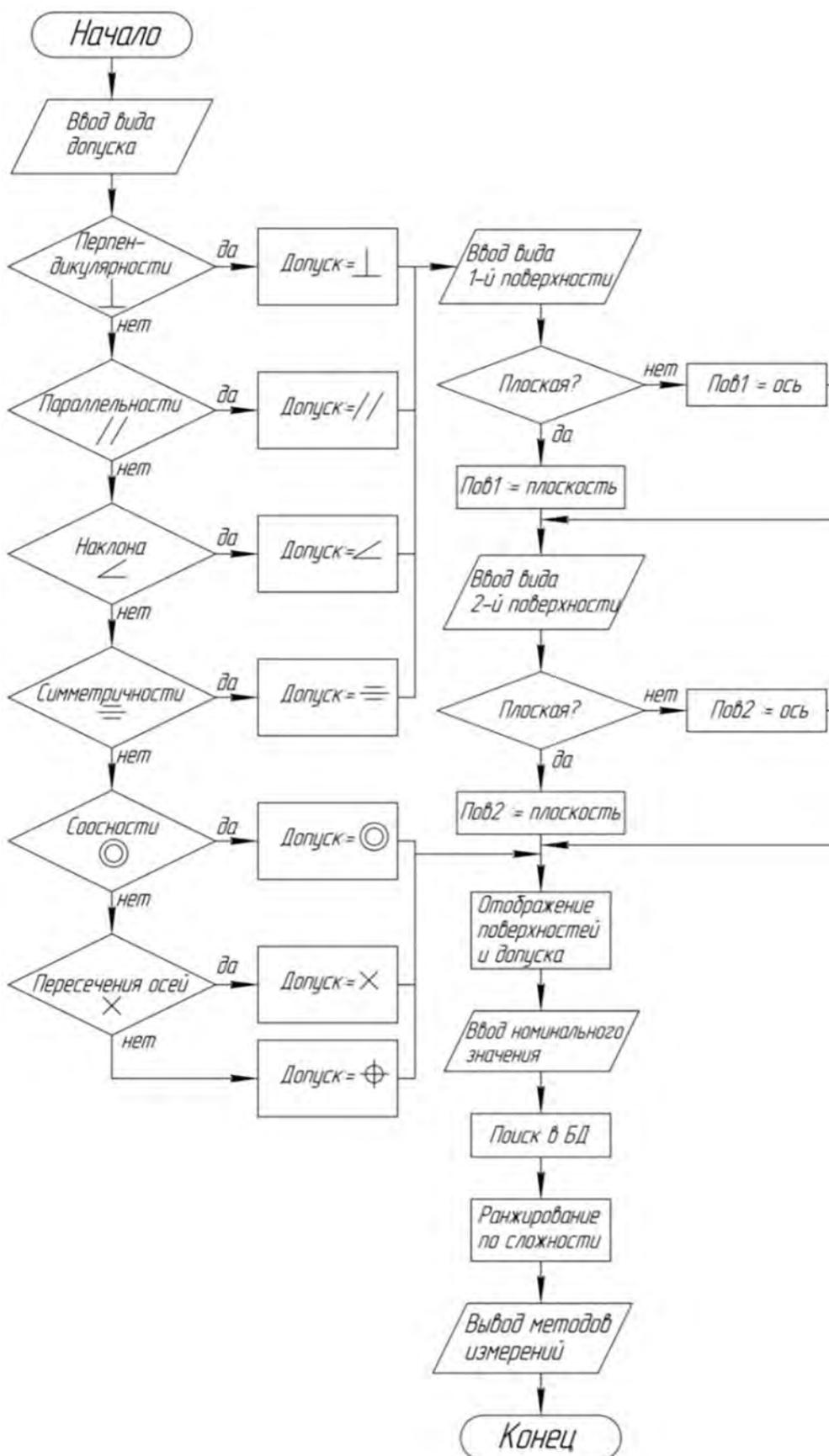


Рисунок 3 – Алгоритм выбора средств измерения допусков взаимного расположения

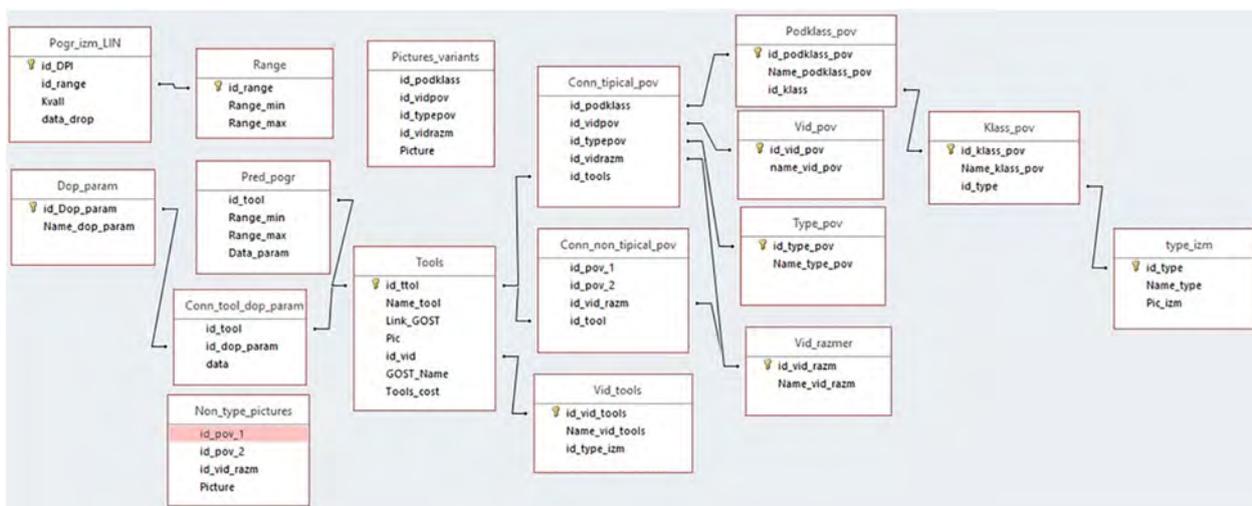


Рисунок 4 – Структура базы данных для выбора средств измерения линейных размеров

Так, например, таблица «Conn_non_tirical_pov» содержит информацию о средствах измерения нестандартных конструктивных элементов. Поля, их типы и назначение представлены в таблице 2.

Структурно программное обеспечение представляет собой реляционные базы данных, хранящие в себе данные для работы программы и саму программу, предназначенную для обработки и выдачи информации на основе заданных параметров. Программное обеспечение разработано на языке C# в виртуальной среде MicrosoftVisualStudio 2019 с использованием стандартных элементов и математических функций. Функционирование программного обеспечения основано на обработке программой информации, введенной пользователем, формированием запроса к встроенной базе данных с помощью декларативного языка программирования SQL и выводом информации из базы на экран пользователя.

Исходное окно программы представляет собой набор интерактивных закладок соответствующих наименованиям измеряемых величин. После активации нужной закладки пользователю предлагается ввести ряд исходных информативных параметров. Так для выбора средств метрологического оснащения измерений линейных размеров ввод исходных данных предусматривает задание типа размера, геометрии поверхностей, номинального значения размера, допуска, варианта использования и условий измерений. Предусматривается отображение поверхностей и размеров их ориентирующих. Диапазон, условия измерений и соответствующие погрешности задаются в режиме администратора по паспортным данным средства измерения. Работой алгоритмов предусматривается поиск в базах данных средств измерения по заданным параметрам ввода, их ранжирование и вывод по возрастанию коэффициента сложности (рис. 5).

Таблица 2 – Структура полей таблицы «Conn_non_tirical_pov»

Имя поля	Тип данных	Свойства поля		Описание
		свойство	значение	
«id_pov_1»	Числовой	Размер поля Новые значения Индекс	Длинное целое Нет Нет	Внешний ключ для связи с таблицей «Non_tirical_vid_pov»
«id_pov_2»	Числовой	Размер поля Обязательное поле Индекс	Длинное целое Нет Нет	Внешний ключ для связи с таблицей «Non_tirical_vid_pov»
«id_vid_razm»	Числовой	Размер поля Новые значения Индекс	Длинное целое Нет Нет	Внешний ключ для связи с таблицей «Vid_razmer»
id_tool	Числовой	Размер поля Новые значения Индекс	Длинное целое Нет Нет	Внешний ключ для связи с таблицей «Tools»

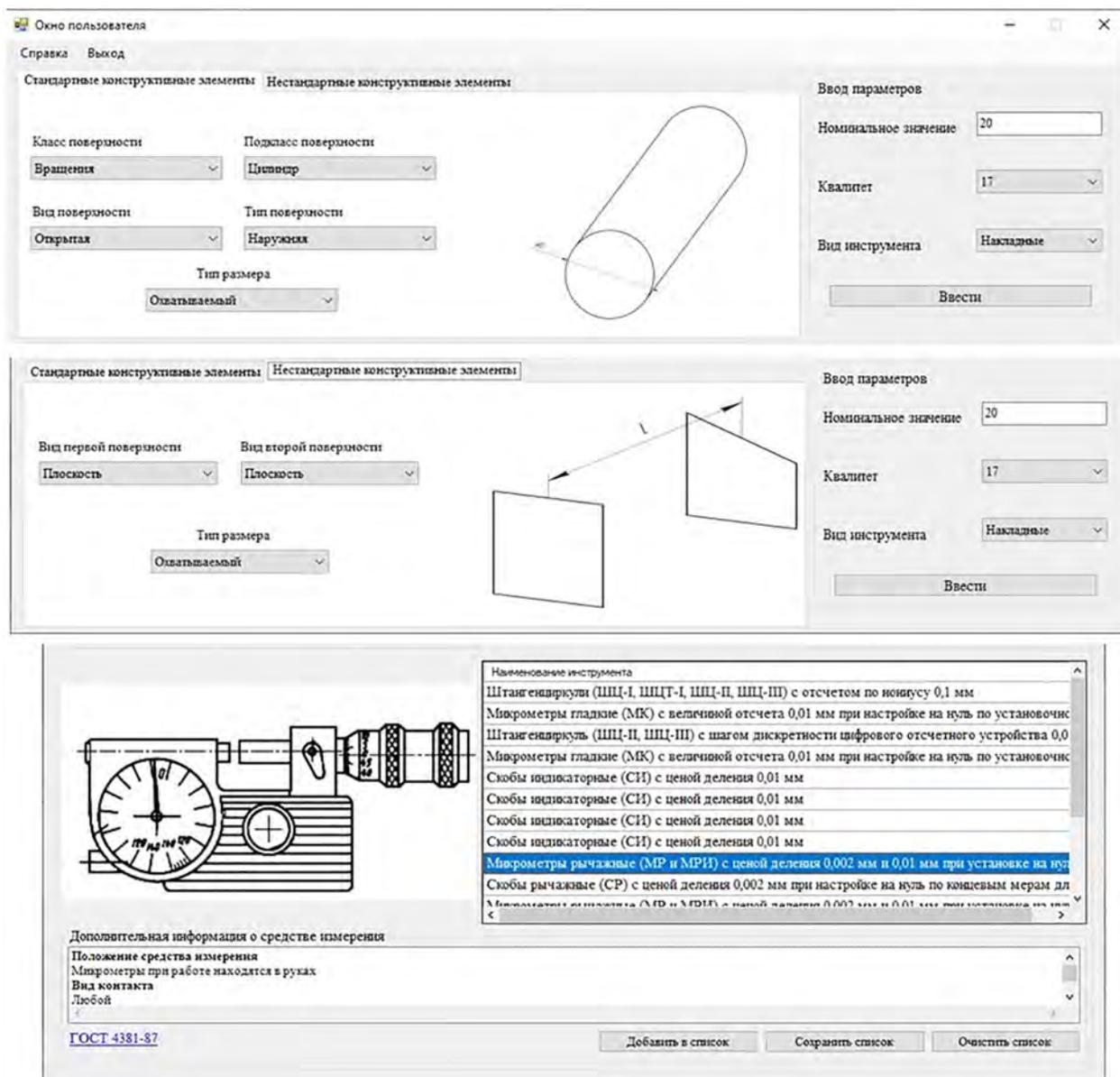


Рисунок 5 – Элементы интерфейсов ввода исходных параметров линейных размеров и работы с wybranнми средствами измерений

ВЫВОДЫ

Проведен анализ характеристик современных средств измерений линейных размеров и допусков расположения, а также функционирования автоматизированных систем метрологического оснащения и проектирования технологических процессов машиностроительных производств, который за счет классификации методов и средств измерений по различным признакам, выявления метрологических характеристик и условий применения создал условия для формализации и алгоритмизации процессов их хранения (в базах данных) и выбора.

Предложено методическое и алгоритмическое обеспечение проектных процедур системы поддержки принятия решений по выбору средств измерения линейных размеров и допусков расположения в со-

временном многоименклатурном машиностроительном производстве нетиповых деталей. Разработаны принципиальная алгоритмическая модель работы системы в целом, модели соответствующих подсистем, определена структура входных и выходных данных, а также предложены модели структур, таблиц и полей баз данных. Особенностью разработанного методического и алгоритмического обеспечения является учет особенностей применения, связанных с геометрией поверхностей, видом технологии их формообразования, доступностью, расположением, метрологических характеристик средств измерения и условий измерения.

Представление разработанного методического и алгоритмического обеспечения на языке теории гра-

фов, алгебры логики, теории множеств позволило создать программное обеспечение системы, позволяющее снизить трудоемкость проектных работ и повысить уровень качества технологических решений. Проведены предварительные испытания и опытная эксплуатация системы в учебном процессе, что доказало работоспособность методик и алгоритмов.

Разработки могут использоваться в проектных бюро машиностроительных предприятий при раз-

работке технологических процессов изготовления нетиповых деталей; в организациях, специализирующихся на разработке систем автоматизированного проектирования технологических процессов и автоматизированных систем метрологического оснащения производства для совершенствования подсистем выбора средств измерений; в учебном процессе для подготовки специалистов в области технологии машиностроения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беляков, Н. В. Информационная модель объекта производства в задаче компьютерного проектирования технологических процессов изготовления нетипизированных деталей / Н. В. Беляков, Н. Н. Попок // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2009. – № 17. – С. 111–117.
2. Новософт. АИС «Метрконтроль» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.novosoft.ru/nerpa/asomi/metrology-articles/ais-metrokontrol>. – Дата доступа: 20.04.2023.
3. Тайфун. АИС «Метрология» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://typhoon-jsc.ru/index.php/production-and-services/engineering/software/metrology>. – Дата доступа: 20.04.2023.
4. АльтСофт. САМС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.altsoft.ru/custom-solution/156-sistema-avtomatizatsii-metrologicheskikh-sluzhb?limitstart=&showall=1>. – Дата доступа: 20.04.2023.
5. Global System [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://global-system.ru/index.php?id=58&idp=6>. – Дата доступа: 20.04.2023.
6. Adem. САРР [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://adem.ru/products/capp>. – Дата доступа: 20.04.2023.
7. Аскон. Вертикаль [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ascon.ru/products/vertikal/>. – Дата доступа: 20.04.2023.
8. Комплекс. ТехноПро [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tehno.pro/kompleksnaya-avtomatizatsiya/tehnoproektirovanie/>. – Дата доступа: 20.04.2023.
9. ProTechnologies. Карты контроля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pro-technologies.ru/product/creo-and-windchill/karta-kontrolya>. – Дата доступа: 20.04.2023.
10. СПРУТ-Технология. СПРУТ ТП [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sprut.ru/sprut-tp/>. – Дата доступа: 20.04.2023.
11. Глубоков, А. В. Проблемы автоматизации выбора универсальных средств измерений линейных размеров / А. В. Глубоков, Т. С. Ястребова // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2018. – № 4 (26). – С. 37–42.
12. Глубокова, С. В. Построение нейросетевой автоматизированной системы выбора методов измерений отклонений ориентации поверхностей детали : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.11.16 / С. В. Глубокова. – Москва, 2015. – 19 с.
13. Автоматизированная система метрологического обеспечения производства / А. В. Глубоков [и др.] // Вестник МГТУ «Станкин». – 2018. – № 3. – С. 70–75.
14. Телешевский, В. И. Автоматизированный выбор методов и средств измерения отклонений расположения / В. И. Телешевский, А. В. Глубоков, С. В. Глубокова // Измерительная техника. – 2012. – № 6. – С. 30–33.

REFERENCES

1. Belyakov, N. V. Information model of a production facility in the problem of computer-aided design of technological processes for manufacturing untyped parts / N. V. Belyakov, N. N. Popok / Vestnik of Vitebsk State Technological University. – 2009. – № 17. – P. 111–117.
2. Novosoft. AIS «Metrkontrol'» [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.novosoft.ru/nerpa/asomi/metrology-articles/ais-metrokontrol>. – Date of access: 20.04. 2023.
3. Tajfun. AIS «Metrologija» [Electronic resource]. – Mode of access: <https://typhoon-jsc.ru/index.php/production-and-services/engineering/software/metrology>. – Date of access: 20.04. 2023.
4. Al'tSoft. SAMS [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.altsoft.ru/custom-solution/156-sistema-avtomatizatsii-metrologicheskikh-sluzhb?limitstart=&showall=1>. – Date of access: 20.04.2023.

5. Global System [Electronic resource]. – Mode of access: <https://global-system.ru/index.php?id=58&idp=6>. – Date of access: 20.04.2023.
6. Adem. CAPP [Electronic resource]. – Mode of access: <https://adem.ru/products/capp>. – Date of access: 20.04.2023.
7. Askon. Vertikal' [Electronic resource]. – Mode of access: <https://ascon.ru/products/vertikal/>. – Date of access: 20.04.2023.
8. Kompleks. TehnoPro [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.tehno.pro/2-kompleksnaya-avtomatizaciya/tehnoproektirovanie/>. – Date of access: 20.04.2023.
9. Technologies. Control cards [Electronic resource]. – Mode of access: <https://pro-technologies.ru/product/creo-and-windchill/karta-kontrolya>. – Date of access: 20.04.2023.
10. Sprut technology : Sprut TP [Electronic resource]. – Mode of access: <https://sprut.ru/sprut-tp/>. – Date of access: 20.04.2023.
11. Glubokov, A. V. Problems of automation of the choice of universal linear measuring instruments / A. V. Glubokov, T. S. Yastrebov // Measurement. Monitoring. Management. Control. – 2018. – № 4 (26). – P. 37–42.
12. Glubokova, S. V. Construction of a neural network automated system for selecting methods for measuring deviations in the orientation of part surfaces : abstract of dissertation. ... kand. techn. sciences : 05.11.16. – Moscow, 2015. – 19 p.
13. Automated system of metrological support of production / A. V. Glubokov [et al.] // Bulletin of MSTU Stankin. – 2018. – № 3. – P. 70–75.
14. Teleshevsky, V. I. Automated selection of methods and means for measuring location deviations / V. I. Teleshevsky, A. V. Glubokov, S. V. Glubokova // Measuring Equipment. – 2012. – № 6. – P. 30–33.

SPISOK LITERATURY

1. Beljakov, N. V. Informacionnaja model' ob'ekta proizvodstva v zadache komp'juternogo proektirovanija tehnologicheskikh processov izgotovlenija netipizirovannykh detalej / N. V. Beljakov, N. N. Popok // Vestnik vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta. – 2009. – № 17. – S. 111–117.
2. Novosoft : AIS «Metrkontrol» rezhim dostupa: <https://www.novosoft.ru/nerpa/asomi/metrology-articles/ais-metrokontrol>, (data dostupa: 06.03.2023).
3. Tajfun : AIS «Metrologija» [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://typhoon-jsc.ru/index.php/production-and-services/engineering/software/metrology>. – Data dostupa: 06.03.2023.
4. AltSoft : SAMS [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.altsoft.ru/custom-solution/156-sistema-avtomatizatsii-metrologicheskikh-sluzhb?limitstart=&showall=1>. – Data dostupa: 06.03.2023.
5. Global : System informacionnye sistemy Global-TLS [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://global-system.ru/index.php?id=58&idp=6>. – Data dostupa: 06.03.2023.
6. Adem : CAPP [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://adem.ru/products/capp/>. – Data dostupa: 06.03.2023.
7. Askon : Vertikal' [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://ascon.ru/products/420/review/>. – Data dostupa: 06.03.2023.
8. Kompleks : TehnoPro [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.tehno.pro/2-kompleksnaya-avtomatizaciya/tehnoproektirovanie/>. – Data dostupa: 06.03.2023.
9. ProTechnologies : Karty kontrolja [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://pro-technologies.ru/product/creo-and-windchill/karta-kontrolya>. – Data dostupa: 06.03.2023.
10. Sprut-tehnologija : Sprut TP [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://sprut.ru/sprut-tp/>. – Data dostupa: 06.03.2023.
11. Glubokov, A. V. Problemy avtomatizacii vybora universal'nykh sredstv izmerenija linejnykh / A. V. Glubokov, T. S. Jastrebov // Izmerenie. Monitoring. Upravlenie. Kontrol'. – 2018. – № 4 (26). – S. 37–42.
12. Glubokova, S. V. Postroenie nejrosetevoj avtomatizirovannoj sistemy vybora metodov izmerenij otklonenij orientacii poverhnostej detali, Avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk : 05.11.16 / S. V. Glubokova. – Moskva, 2015. – 19 s.
13. Glubokov, A. V. Avtomatizirovannaja sistema metrologicheskogo obespechenija proizvodstva / A. V. Glubokov [i dr.] // Vestnik MGTU Stankin. – 2018. – № 3. – S. 70–75.
14. Teleshevskij, V. I. Avtomatizirovannyj vybor metodov i sredstv izmerenija otklonenij raspolozhenija / V. I. Teleshevskij, A. V. Glubokov, S. V. Glubokova // Izmeritel'naja tehnika. – 2012. – № 6. – S. 30–33.

Статья поступила в редакцию 29.12.2023.

Методика определения границ переходных процессов при размерной настройке инструментов для программирования сверления отверстий на станках с ЧПУ

Н.В. Беляков^а, С.К. Селезнёв
Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь
E-mail: ^аnikolay_belyakov@mail.ru

Аннотация. Предложена методика моделирования границ переходных процессов при сверлении, минимальных величин врезаний и выходов, длин рабочих ходов, координат начальных и конечных положений сверл в зависимости от условий врезания, выхода и геометрических параметров их режущих частей для программирования обработки отверстий на металлорежущих станках с ЧПУ. Использование системы на машиностроительных предприятиях дает возможность: снизить затраты на обработку отверстий из-за сокращения основного времени; повысить срок службы и период стойкости инструмента за счет назначения щадящих режимов резания на участках динамических изменений сил резания при врезании и выходе сверл. Результаты работы также могут быть полезны в организациях, специализирующихся на разработке САМ-систем и учебном процессе.

Ключевые слова: режущий инструмент, сверло, переходный процесс, длина врезания и выхода, САМ-система.

Methodology for Determining the Boundaries of Transients During Dimensional Adjustment of Tools for Programming Drilling Holes on CNC Machines

N. Belyakov^а, S. Seleznev
Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus
E-mail: ^аnikolay_belyakov@mail.ru

Annotation. A methodology and software have been developed to determine the minimum values of embeddings and outputs, working stroke lengths, coordinates of the initial and final positions of drills depending on the conditions of embedding, output and geometric parameters of their cutting parts for dimensional adjustment of CNC cutting machines for hole processing. The use of developments at machine-building enterprises makes it possible to: increase the service life and durability period of drills by assigning gentle cutting modes in the areas of transients and steady cutting; reduce the cost of hole processing due to the reduction of the main (machine) time by minimizing the values of the working strokes of the drills. The results of the work can also be useful in organizations specializing in the development of CAM systems and the educational process.

Key words: cutting tool, drill, transition process, embedding and output length, CAM system.

ВВЕДЕНИЕ

В работах [1, 2] приводится метод решения задачи определения положения систем координат заготовки и инструмента в начальной и конечной точках траекторий резания, а также величин врезания и выхода концевых и торцевых фрез для размерной настройки при обработке плоских поверхностей на станках с

ЧПУ. Аналогично при программировании обработки внутренних открытых и полуоткрытых цилиндрических поверхностей вращения сверлами на станках с ЧПУ от оптимального расположения системы координат инструмента и заготовки зависит основное (машинное) время и, как следствие, затраты на об-

работку. При этом важнейшее значение приобретает учет границ переходных процессов (врезания и выхода сверла). Во время переходных процессов динамически меняются составляющие силы резания, наблюдается нестабильность упругих деформаций технологической системы, что может приводить к затуплению, перегреву и поломке инструмента. Поэтому производители сверл в каталогах инструментов и онлайн-калькуляторах режимов резания рекомендуют их различные значения для переходных процессов и устойчивого резания [3–4].

Для снижения негативных последствий переходных процессов при сверлении предлагаются способы регистрации начала такого процесса при выходе сверла из отверстия по снижению осевой силы; увеличению крутящего момента; перемещению в направлении оси сверла слоя металла, расположенного под режущей кромкой и др. [5]. Предлагаемые решения требуют использования специальных конструктивных решений повышающих стоимость изготовления деталей.

В современном машиностроении широкое распространение получили станки с ЧПУ. При их про-

граммировании возможно предусмотреть изменение режимов резания в любой момент времени и траектории движения инструмента и заготовки. Для подготовки управляющих программ широкое распространение получили САМ-системы: Компас ЧПУ, T-Flex ЧПУ, SiemensNX, MasterCAM, EdgeCAM, SolidCAM, Прамень ЧПУ, Creo, CATIA, PowerMill, Esprite и др. [6–9].

Однако, современные САМ-системы, а также онлайн-калькуляторы не позволяют учесть все разнообразие форм режущих частей современных сверл, в автоматическом режиме определять и (или) задавать длины врезаний, устойчивого резания и выходов инструментов для задания различных щадящих режимов резания, и, как следствие, оптимально расположить системы координат инструмента и заготовки в начальных и конечных точках траекторий резания (рис. 1). В справочной и учебной литературе лишь приводятся рекомендации по определению основного времени для некоторых вариантов врезания некоторых сверл без учета различия их режущих частей [10–11].

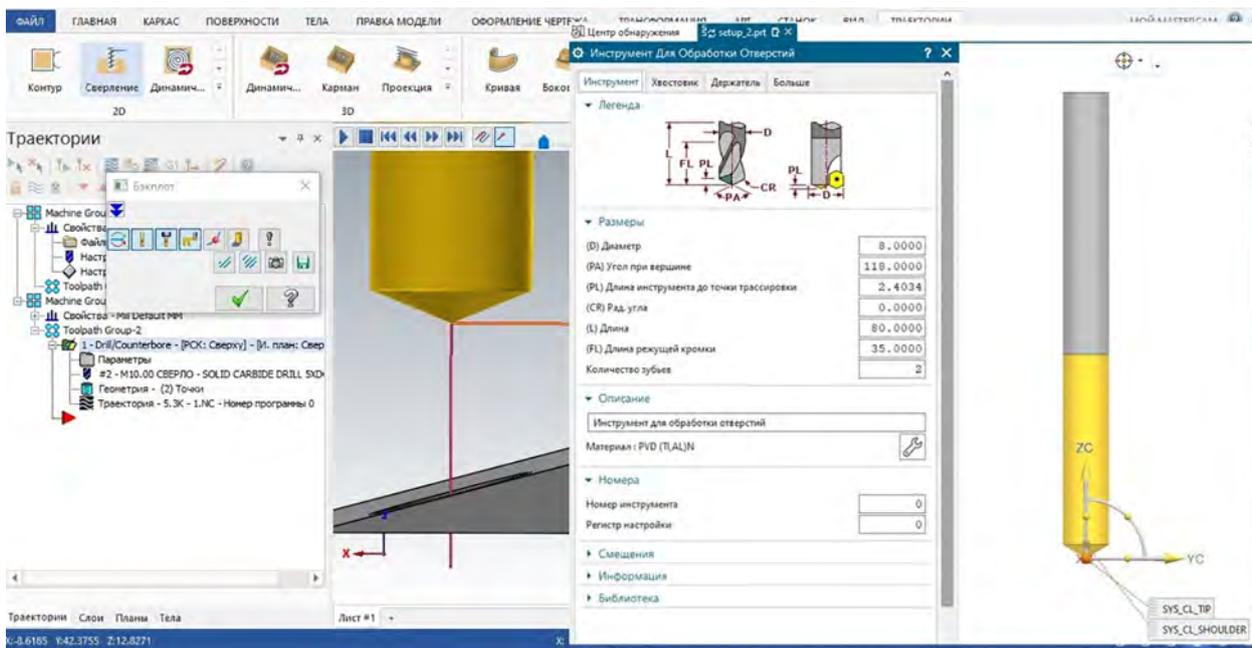


Рисунок 1 – Некоторые интерфейсы задания параметров размерной настройки в MasterCAM и SiemensNX

Поэтому целью работы является разработка методики и программного обеспечения для определения минимальных величин врезания и выходов сверл, координат их начальных и конечных положений, а также основного времени для программирования сверления отверстий на станках с ЧПУ.

Для достижения указанной цели были поставлены и решены следующие задачи:

1. Составлены принципиальные расчетные схе-

мы и математические модели для определения минимальных величин врезаний и выходов, длин рабочих ходов, координат начальных и конечных положений сверл в зависимости от условий врезания, выхода и геометрических параметров их режущих частей;

2. Разработаны общие модели для определения затрат основного (машинного) времени;

3. Разработан алгоритм функционирования и общая структура программного обеспечения по опре-

делению длин рабочих ходов, минимальных величин врезаний и выходов, координат начальных и конечных положений сверл;

4. Разработано программное обеспечение реализации моделей, проведена его комплексная отладка и предварительные испытания, а также разработаны программные документы.

Для исследования и решения, поставленных в работе задач использовались методы теории автоматизации проектирования, аналитической геометрии, системно-структурного анализа и моделирования. Проводился анализ литературных источников, электронных изданий, опыта использования систем автоматизированного проектирования на предприятиях, а также анализ конструкторской и технологической документации в соответствующих бюро машиностроительных заводов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При формировании общих моделей для определения затрат основного (машинного) времени установлено, что в практике использования наиболее широкое применение находят варианты врезания и выхода сверл относительно плоскости (перпендикулярной или наклонной) или цилиндрической поверхности (наружной и внутренней симметрично или со смещением). Прочие варианты могут быть к ним приведены.

Различные сочетания поверхностей врезания и выхода инструментов задают различные положения системы координат инструмента относительно системы координат заготовки 42 различными способами. Эти способы определяют общие принципиальные расчётные схемы для определения длины рабочего хода инструмента L_{px} , величины врезания $L_{вр}$, величины выхода $L_{вых}$, а также координат начального и конечного положения инструмента (E_n и E_k) в системе координат заготовки (W_n и W_k).

Так на рисунке 2 показаны некоторые примеры принципиальных расчетных схем. На схемах тройной штриховой линией обозначены в общем виде формы режущих частей инструментов.

На основе принятых обозначений длина рабочего хода в общем виде может определяться по формуле:

$$L_{px} = L_{вр} + L_{уст} + L_{вых} = L_{под} \pm L_{нер} \pm L \pm L_{квых} + L_{вых},$$

где $L_{уст}$ – длина устойчивого резания; $L_{под}$ – длина подвода инструмента (принимается 2...3 мм); $L_{нер}$ – расстояние между системой координат заготовки и точкой начала врезания инструмента; L – расстояние между системами координат заготовки (определяется заданным на чертеже размером); $L_{квых}$ – расстояние между системой координат заготовки и точкой начала выхода инструмента.

Включение перечисленных составляющих в формулу длины рабочего хода и знаки перед $L_{нер}$, L и $L_{квых}$ зависят от геометрических условий вреза-

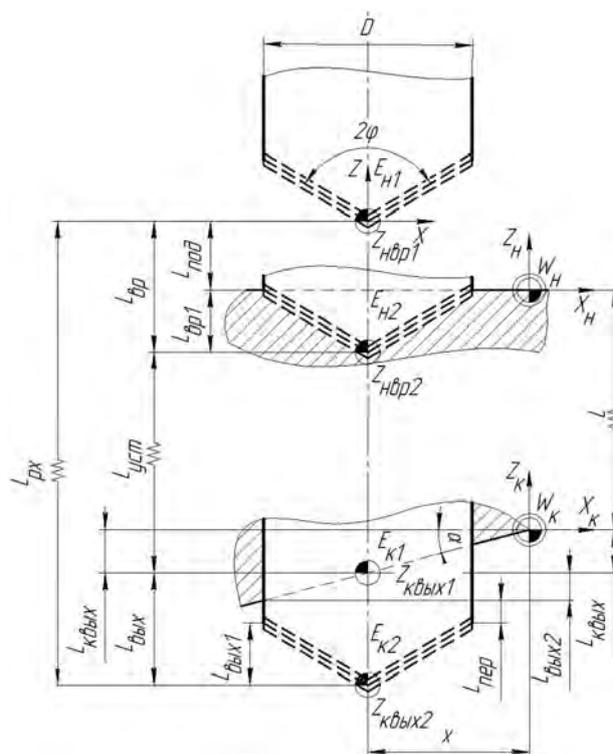


Рисунок 2 – Пример общей принципиальной расчетной схемы для врезания сверла по плоскости перпендикулярной инструменту и с выходом по наклонной плоскости

ния и выхода инструментов, а также расположения систем координат W_n и W_k .

Так для схемы, показанной на рисунке 2:

$$L_{px} = L_{вр} + L_{уст} + L_{вых} = L_{под} + L \pm L_{квых} + L_{вых},$$

Таким образом, затраты основного (машинного) времени T_o на переход в общем виде могут определяться по формуле:

$$T_o = \frac{L_{вр}}{n \cdot s_1} + \frac{L_{уст}}{n \cdot s_2} + \frac{L_{вых}}{n \cdot s_3} = \frac{L_{вр}}{n \cdot s_1} + \frac{L_{под} \pm L_{нер} \pm L \pm L_{квых} - L_{вр}}{n \cdot s_2} + \frac{L_{вых}}{n \cdot s_3},$$

где s_1 – подача на оборот при врезании; s_2 – подача на оборот при устойчивом резании; s_3 – подача на оборот при выходе инструмента.

Величины врезания и выхода инструмента:

$$L_{вр} = L_{под} + L_{вр1} \pm L_{вр2}, \quad L_{вых} = L_{вых1} + L_{нер} \pm L_{вых2},$$

где $L_{вр1}$ – длина врезания инструмента, обусловленная геометрией его режущей части инструмента; $L_{вр2}$ – длина врезания, обусловленная геометрией заготовки; $L_{вых1} = L_{вр1}$ – длина выхода инструмента, обусловленная геометрией его режущей части;

$L_{пер}$ – длина перебега (принимается 2...3 мм);
 $L_{вых2}$ – длина выхода инструмента, обусловленная геометрией заготовки.

В результате анализа каталогов фирм производителей осевых инструментов проведена классификация их режущих частей. Так установлено, что все многообразие режущих частей сверл можно свести к 8 вариантам (рис. 3).

Для расчета величин врезания инструментов $L_{эп1}$, обусловленных геометрией его режущих частей, составлены соответствующие расчетные схемы, позволяющие сформировать математические модели для их определения (рис. 4).

Согласно рисунку 4 а из $\triangle ABC$

$$L_{эп1} = AB = BC / \operatorname{tg}\varphi = D / 2\operatorname{tg}\varphi.$$

Согласно рисунку 4 б из треугольников $\triangle ABC$ и $\triangle CDE$

$$L_{эп1} = AF = AB + CD = \frac{EF - DF}{\operatorname{tg}\varphi} =$$

$$= \frac{\frac{D}{2} - 0,2 \cdot \frac{D}{2} \cdot \sin \varphi_1}{\operatorname{tg}\varphi} + 0,2D \cdot \cos \varphi_1 = \frac{D(1 - 0,2 \sin \varphi_1)}{2\operatorname{tg}\varphi} + 0,2D \cdot \cos \varphi_1$$

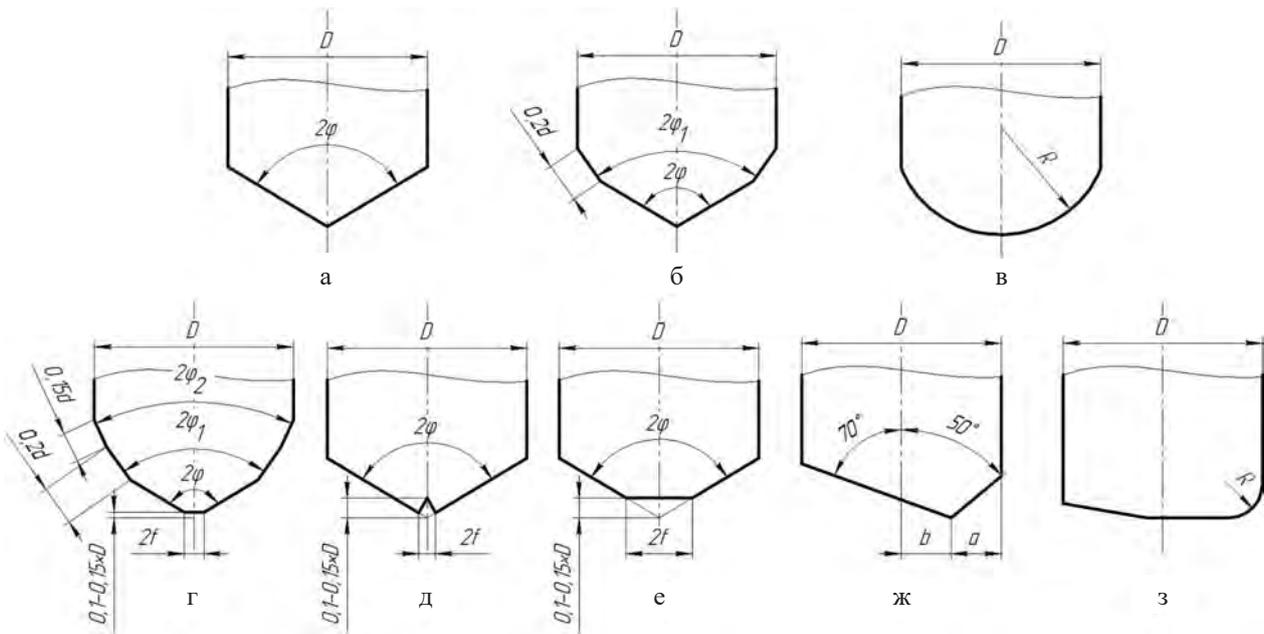


Рисунок 3 – Варианты режущих частей свёрл:

- а – спиральное, шнековое, жеторное с одноплоскостной заточкой;
- б – спиральное с двухплоскостной заточкой; в – спиральное с закруглёнными режущими кромками;
- г – спиральное конструкции В.И. Жирова;
- д – спиральное с прорезной перемычкой; е – спиральное со стачиванием перемычки;
- ж – ружейное; з – кольцевое, со сменными пластинками

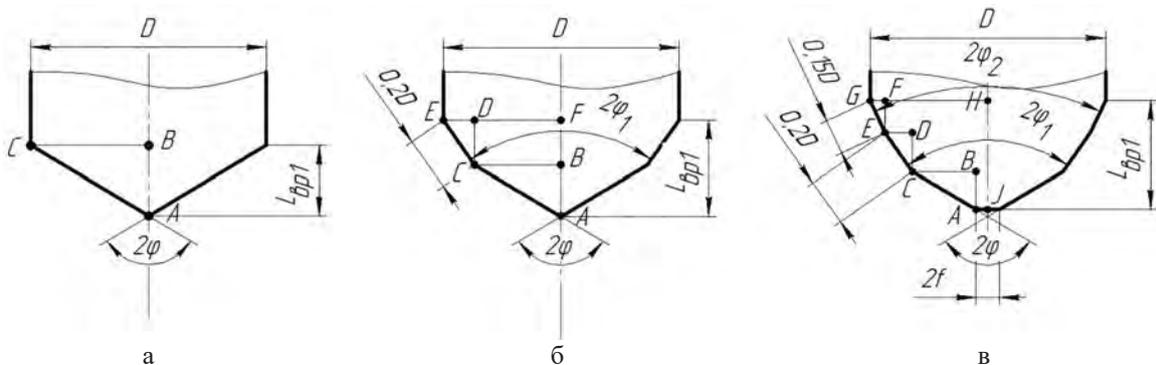


Рисунок 4 – Примеры расчетных схем для определения $L_{эп1}$ некоторых видов сверл:

- а – спиральное, шнековое, жеторное с одноплоскостной заточкой;
- б – спиральное с двухплоскостной заточкой; в – спиральное конструкции В.И. Жирова

Согласно рисунку 4 в из треугольников ΔABC , ΔCDE и ΔEFG :

$$L_{\varphi 1} = JH = AB + CD + EF = \frac{HG - FG - DE}{\operatorname{tg} \varphi} + EG \cdot \cos \varphi_2 + EC \cdot \cos \varphi_2 = (GH - AJ - 0,2 \cdot GH \cdot 2 \cdot \sin \varphi_1 - 0,15 \cdot GH \cdot 2 \cdot \sin \varphi_2) \cdot \operatorname{ctg} \varphi + 0,2 \cdot GH \cdot 2 \cdot \sin \varphi_1 \cdot \operatorname{ctg} \varphi_1 + 0,15 \cdot GH \cdot 2 \cdot \sin \varphi_2 \cdot \operatorname{ctg} \varphi_2 = \left(\frac{D}{2} - f - 0,2D \cdot \sin \varphi_1 - 0,15D \cdot \sin \varphi_2 \right) \cdot \operatorname{ctg} \varphi + 0,2D \cdot \sin \varphi_1 \cdot \operatorname{ctg} \varphi_1 + 0,15D \cdot \sin \varphi_2 \cdot \operatorname{ctg} \varphi_2$$

В таблице 1 приведены математические модели для определения $L_{\text{ср1}}$ для различных режущих частей сверл.

Для определения таких параметров размерной настройки, как расстояния между системой координат заготовки и точкой начала врезания инструмента $L_{\text{нвр}}$, расстояния между системой координат заготовки и точкой начала выхода инструмента $L_{\text{квых}}$, длины входа инструмента, обусловленной геометрией его режущей части $L_{\text{ср1}}$, длины входа (выхода), обусловленной геометрией заготовки $L_{\text{ср2}}$, а также координат начального и конечного положений сверла в системе координат заготовки (в начальной точке

траектории при врезании $Z_{\text{нвр1}}$, в конечной точке траектории при врезании $Z_{\text{нвр2}}$, начальной точки траектории при выходе $Z_{\text{квых1}}$ и конечной точки траектории при выходе $Z_{\text{квых2}}$) были составлены соответствующие расчетные схемы. Некоторые схемы для определения этих параметров при сверлении приведены на рисунках 5 и 6. При этом установлено, что принципиальное отличие для сверления при расчетах имеют варианты с наличием горизонтальной режущей кромки перемычки и без неё.

Согласно рисунку 5 а из ΔCED , ΔABO и ΔABC :

$$L_{\text{нвр}} = CD = ED / \operatorname{ctg} \alpha = x / \operatorname{ctg} \alpha, L_{\text{ср2}} = BC = \frac{D}{2} \operatorname{tg} \alpha.$$

Тогда

$$L_{\text{ср}} = L_{\text{нод}} + L_{\text{ср1}} + L_{\text{ср2}} = L_{\text{нод}} + L_{\text{ср1}} + \frac{D}{2} \operatorname{tg} \alpha,$$

$$Z_{\text{нвр1}} = -L_{\text{нвр}} + L_{\text{нод}} = -\frac{x}{\operatorname{ctg} \alpha} + L_{\text{нод}}$$

$$Z_{\text{нвр2}} = -L_{\text{нвр}} - L_{\text{ср2}} - L_{\text{ср1}} = -\frac{x}{\operatorname{ctg} \alpha} - \frac{D}{2} \operatorname{tg} \alpha - L_{\text{ср1}}.$$

Согласно рисунку 5 б из ΔACD и ΔABC :

$$L_{\text{нвр}} = DB = RS, L_{\text{ср2}} = AB = BD - AD = BD - \sqrt{BD^2 - AC^2} = RS - \sqrt{RS^2 - \left(\frac{D}{2}\right)^2}$$

Таблица 1 – Сводная таблица для определения величин врезания сверл $L_{\text{ср1}}$, обусловленных геометрией их режущих частей

Сверло		$L_{\text{ср1}} = L_{\text{квых1}}$	
Спиральное с одноплоскостной заточкой		$D / 2 \operatorname{tg} \varphi$	
Спиральное с двойной заточкой		$\frac{D - 0,2D \cdot \sin \varphi_1 + 0,2D \cdot \cos \varphi_1}{2 \operatorname{tg} \varphi}$	
Спиральное для сверления чугуна (по В.Г. Жирову)		$\left(\frac{D}{2} - 0,2D \cdot \sin \varphi_1 - 0,15D \cdot \sin \varphi_2 \right) \cdot \operatorname{ctg} \varphi + 0,2D \cdot \sin \varphi_1 \cdot \operatorname{ctg} \varphi_1 + 0,15D \cdot \sin \varphi_2 \cdot \operatorname{ctg} \varphi_2$	
Сверло	$L_{\text{ср1}} = L_{\text{квых1}}$	Сверло	$L_{\text{ср1}} = L_{\text{квых1}}$
Спиральное с закругленными режущими кромками	$R - \sqrt{R^2 - \frac{D^2}{4}}$	Пушечное	$\frac{D+f}{2} \cdot \operatorname{tg} \alpha$
Спиральное со стачиваемыми перемычками	$\left(\frac{D}{2} - f \right) \cdot \cos \varphi$	Ружейное	$\frac{D}{2} + b \cdot \operatorname{ctg} \alpha$
Спиральное с прорезной перемычкой	$\left(\frac{D}{2} - f \right) \cdot \cos \varphi$	Шнековое	$D / 2 \operatorname{tg} \varphi$
Кольцевое (или со сменными пластинками)	0	Эжекторное	$D / 2 \operatorname{tg} \varphi$

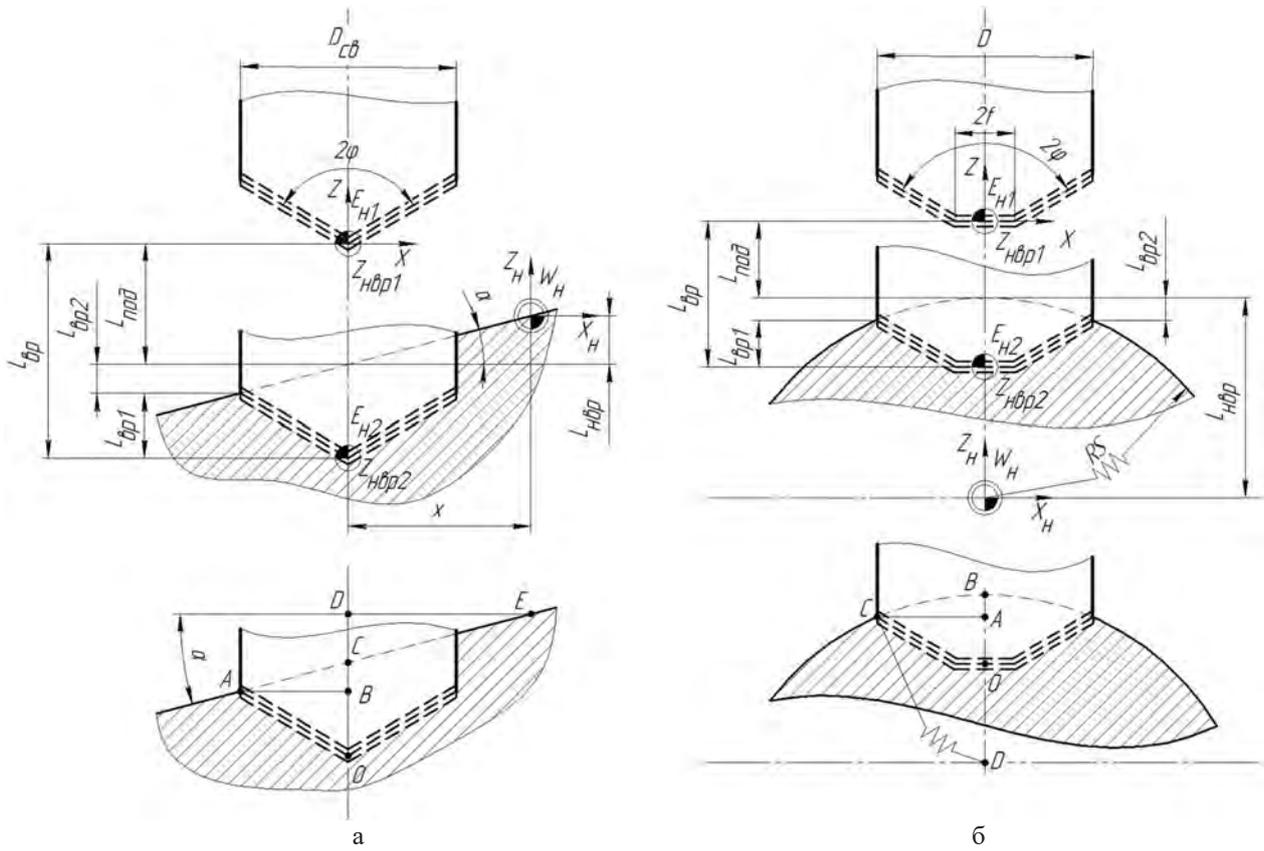


Рисунок 5 – Примеры расчетных схем для определения параметров размерной настройки при врезании сверл: а – врезание под углом, б – врезание по цилиндру симметрично

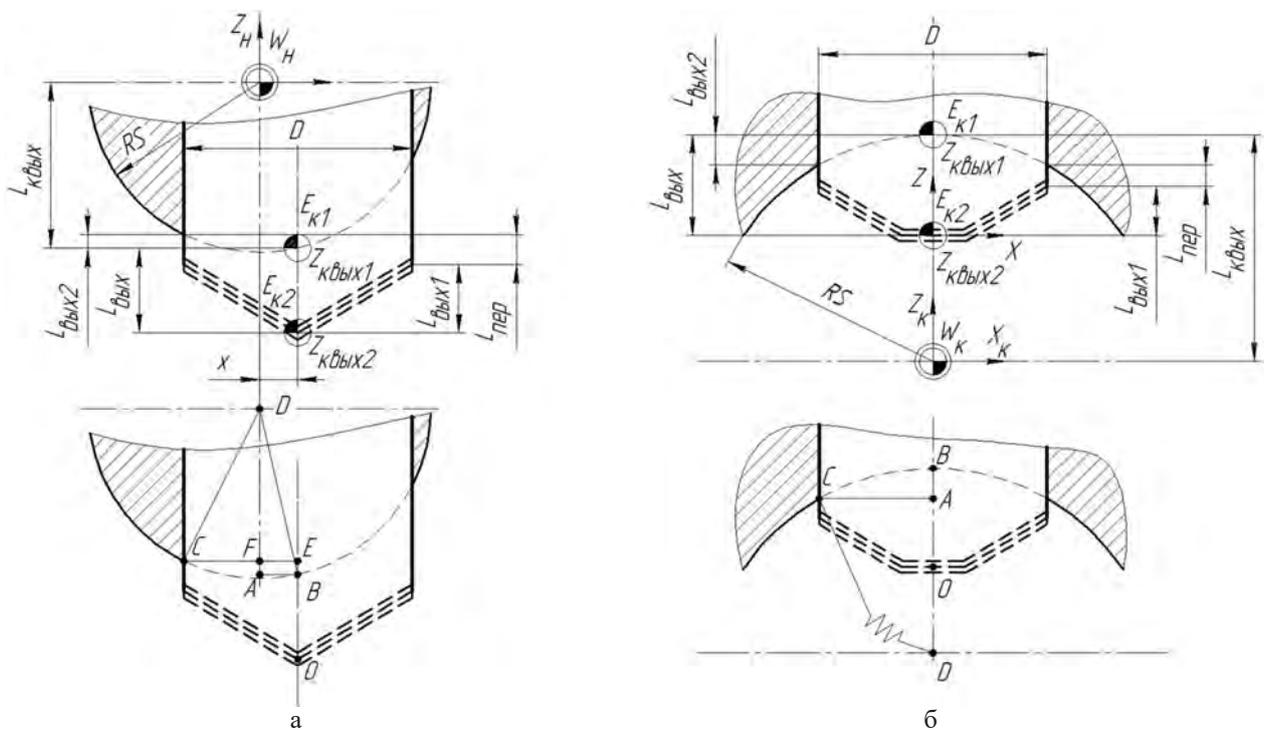


Рисунок 6 – Примеры расчетных схем для определения параметров размерной настройки при выходе сверл: а – выход по наружному цилиндру со смещением, б – выход по внутреннему цилиндру симметрично

Тогда

$$L_{ep} = L_{nod} + L_{ep1} + L_{ep2} = L_{nod} + L_{ep1} + \frac{D}{2} \operatorname{tg} \alpha,$$

$$\begin{aligned} Z_{nep1} &= L_{nep} + L_{nod} = RS + L_{nod}, \quad Z_{nep2} = L_{nep} - L_{ep2} - L_{ep1} = \\ &= RS - \left(RS - \sqrt{RS^2 - \left(\frac{D}{2}\right)^2} \right) - L_{ep1}. \end{aligned}$$

Согласно рисунку 6 а из $\triangle ABD, \triangle DCF$:

$$L_{квых} = AD = \sqrt{RS^2 - x^2},$$

$$\begin{aligned} L_{квых2} = EB = AD - DF &= \sqrt{BD^2 - AB^2} - \sqrt{BD^2 - (CE - AB)^2} = \\ &= \sqrt{RS^2 - x^2} - \sqrt{RS^2 - \left(\frac{D}{2} - x\right)^2}. \end{aligned}$$

Тогда

$$\begin{aligned} L_{квых} &= L_{nep} + L_{квых1} - L_{квых2} = \\ &= L_{nep} + L_{квых1} - \sqrt{RS^2 - x^2} - \sqrt{RS^2 - \left(\frac{D}{2} - x\right)^2}, \end{aligned}$$

$$Z_{кквых1} = -L_{кквых} = -\sqrt{RS^2 - x^2},$$

$$Z_{кквых2} = -L_{кквых} - L_{кквых1} - L_{nep} = -\sqrt{RS^2 - x^2} - L_{кквых1} - L_{nep}.$$

Согласно рисунку 6 б из $\triangle ACD$:

$$L_{кквых} = BD = RS,$$

$$L_{кквых2} = BA = BD - \sqrt{BD^2 - CE^2} = RS - \sqrt{RS^2 - \left(\frac{D}{2}\right)^2}.$$

Тогда

$$\begin{aligned} L_{кквых} &= L_{nep} + L_{кквых1} + L_{кквых2} = \\ &= L_{nep} + L_{кквых1} + RS - \sqrt{RS^2 - \left(\frac{D}{2}\right)^2}, \end{aligned}$$

$$Z_{ккквых1} = L_{ккквых} = RS,$$

$$Z_{ккквых2} = L_{ккквых} - L_{ккквых2} - L_{nep} - L_{ккквых1} =$$

$$= RS - \left(RS - \sqrt{RS^2 - \left(\frac{D}{2}\right)^2} \right) - L_{nep} - L_{ккквых1}.$$

Результаты моделирования параметров размерной настройки для сверления сведены в таблицы 2 и 3.

Таблица 2 – Сводная таблица для определения параметров размерной настройки $L_{ep2}, L_{nep}, L_{кквых}, Z_{nep1}$ и Z_{nep2}

Вход (выход)	L_{ep2}	$L_{nep} = L_{кквых}$	Z_{nep1}	Z_{nep2}
Плоскость прямая	0	0	L_{nod}	$-L_{ep1}$
Плоскость наклонная $\alpha < 0$	$\frac{D}{2} \operatorname{tg} \alpha$	$x/\operatorname{ctg} \alpha$	$-\frac{x}{\operatorname{ctg} \alpha} + L_{nod}$	$-\frac{x}{\operatorname{ctg} \alpha} - \frac{D}{2} \operatorname{tg} \alpha - L_{ep1}$
Плоскость наклонная $\alpha > 0$	$\frac{D}{2} \operatorname{tg} \alpha$	$x/\operatorname{ctg} \alpha$	$\frac{x}{\operatorname{ctg} \alpha} + L_{nod}$	$\frac{x}{\operatorname{ctg} \alpha} - \frac{D}{2} \operatorname{tg} \alpha - L_{ep1}$
Цилиндр наружный симметрично	$RS - \sqrt{RS^2 - \left(\frac{D}{2}\right)^2}$	RS	$RS + L_{nod}$	$RS - \left(RS - \sqrt{RS^2 - \left(\frac{D}{2}\right)^2} \right) - L_{ep1}$
Цилиндр наружный со смещением	$\frac{\sqrt{RS^2 - x^2} - \sqrt{RS^2 - \left(\frac{D}{2} - x\right)^2}}{2}$	$\sqrt{RS^2 - x^2}$	$\sqrt{RS^2 - x^2} + L_{nod}$	$\frac{\sqrt{RS^2 - x^2} - L_{ep1} - \left(\sqrt{RS^2 - x^2} - \sqrt{RS^2 - \left(\frac{D}{2} + x\right)^2} \right)}{2}$
Цилиндр внутренний симметрично	$RS - \sqrt{RS^2 - \frac{D^2}{4}}$	RS	$-RS + L_{nod}$	$-RS - L_{ep1} + \left(RS - \sqrt{RS^2 - \left(\frac{D}{2}\right)^2} \right)$
Цилиндр внутренний со смещением	$\frac{\sqrt{RS^2 - \left(\frac{D}{2} - x\right)^2} - \sqrt{RS^2 - x^2}}{2}$	$\sqrt{RS^2 - x^2}$	$-\sqrt{RS^2 - x^2} + L_{nod}$	$\frac{-\sqrt{RS^2 - x^2} - L_{ep1} - \left(\sqrt{RS^2 - \left(\frac{D}{2} - x\right)^2} - \sqrt{RS^2 - x^2} \right)}{2}$

Таблица 3 – Сводная таблица для определения параметров размерной настройки $L_{вых2}$, $Z_{квых1}$ и $Z_{квых2}$

Вход (выход)	$L_{вых2}$	$Z_{квых1}$	$Z_{квых2}$
Плоскость прямая	0	0	$-L_{квых1} - L_{пер}$
Плоскость наклонная $\alpha < 0$	$\frac{D}{2} \operatorname{tg}\alpha$	$-\frac{x}{\operatorname{ctg}\alpha}$	$-\frac{x}{\operatorname{ctg}\alpha} - \frac{D}{2} \operatorname{tg}\alpha - L_{квых1} - L_{пер}$
Плоскость наклонная $\alpha > 0$	$\frac{D}{2} \operatorname{tg}\alpha$	$\frac{x}{\operatorname{ctg}\alpha}$	$\frac{x}{\operatorname{ctg}\alpha} - \frac{D}{2} \operatorname{tg}\alpha - L_{квых1} - L_{пер}$
Цилиндр наружный симметрично	$RS - \sqrt{RS^2 - \left(\frac{D}{2}\right)^2}$	$-RS$	$-RS - L_{квых1} - L_{пер} +$ $+ RS - \sqrt{RS^2 - \left(\frac{D}{2}\right)^2}$
Цилиндр наружный со смещением	$\sqrt{RS^2 - \left(\frac{D}{2} - x\right)^2} -$ $-\sqrt{RS^2 - x^2}$	$-\sqrt{RS^2 - x^2}$	$-\sqrt{RS^2 - x^2} - \sqrt{RS^2 - \left(\frac{D}{2} - x\right)^2} -$ $-\sqrt{RS^2 - x^2} - L_{пер} - L_{квых1}$
Цилиндр внутренний симметрично	$RS - \sqrt{RS^2 - \left(\frac{D}{2}\right)^2}$	RS	$-RS + \left(RS - \sqrt{RS^2 - \left(\frac{D}{2}\right)^2} \right) - L_{квых1}$
Цилиндр внутренний со смещением	$\sqrt{RS^2 - x^2} -$ $-\sqrt{RS^2 - \left(\frac{D}{2} + x\right)^2}$	$\sqrt{RS^2 - x^2}$	$\sqrt{RS^2 - x^2} - L_{квых1} - L_{пер} -$ $-\left(\sqrt{RS^2 - x^2} - \sqrt{RS^2 - \left(\frac{D}{2} + x\right)^2} \right)$

Предложенные методики, модели и алгоритмы позволили создать систему автоматизированного расчета параметров размерной настройки сверл и доказать их работоспособность (рис. 7).

При работе с системой пользователь последовательно вводит информацию о геометрии заготовки на входе и выходе инструмента, геометрии режущей части сверла и режимах резания, а результатом работы являются координаты начального и конечного положения инструмента, величины врезания и выхода, рабочих ходов и основное (машинное) время обработки на участках врезания, выхода и устойчивого резания инструмента.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложена методика моделирования границ переходных процессов при сверлении, минимальных величин врезаний и выходов, длин рабочих ходов, координат начальных и конечных положений сверл в зависимости от условий врезания, выхода и геометрических параметров их режущих частей.

Представление разработанных моделей на языке теории автоматизации проектирования, алгебры логики и теории алгоритмов позволило создать про-

граммное обеспечение для автоматизированного определения указанных параметров размерной настройки сверл для программировании обработки отверстий на металлорежущих станках с ЧПУ и доказать их работоспособность.

Методика и программное обеспечение прошли опытную эксплуатацию в учебном процессе кафедры технологии машиностроения УО «Витебский государственный технологический университет».

Использование системы дает возможность:

- снизить затраты на обработку отверстий сверлами из-за сокращения основного (машинного) времени за счет минимизации величин рабочих ходов сверл;
- повысить срок службы и период стойкости сверл за счет назначения щадящих режимов резания на участках переходных процессов;
- улучшить показатели качества поверхности на участке врезания и выхода инструмента.

Разработки могут использоваться:

- в проектных бюро машиностроительных предприятий при размерной настройке металлорежущих станков и проектировании их наладок;

- при разработке управляющих программ для станков с ЧПУ;
- в организациях, специализирующихся на разработке систем автоматизированного проектирования для разработки и совершенствовании САМ-систем;
- в учебном процессе для подготовки специалистов в области технологии машиностроения.

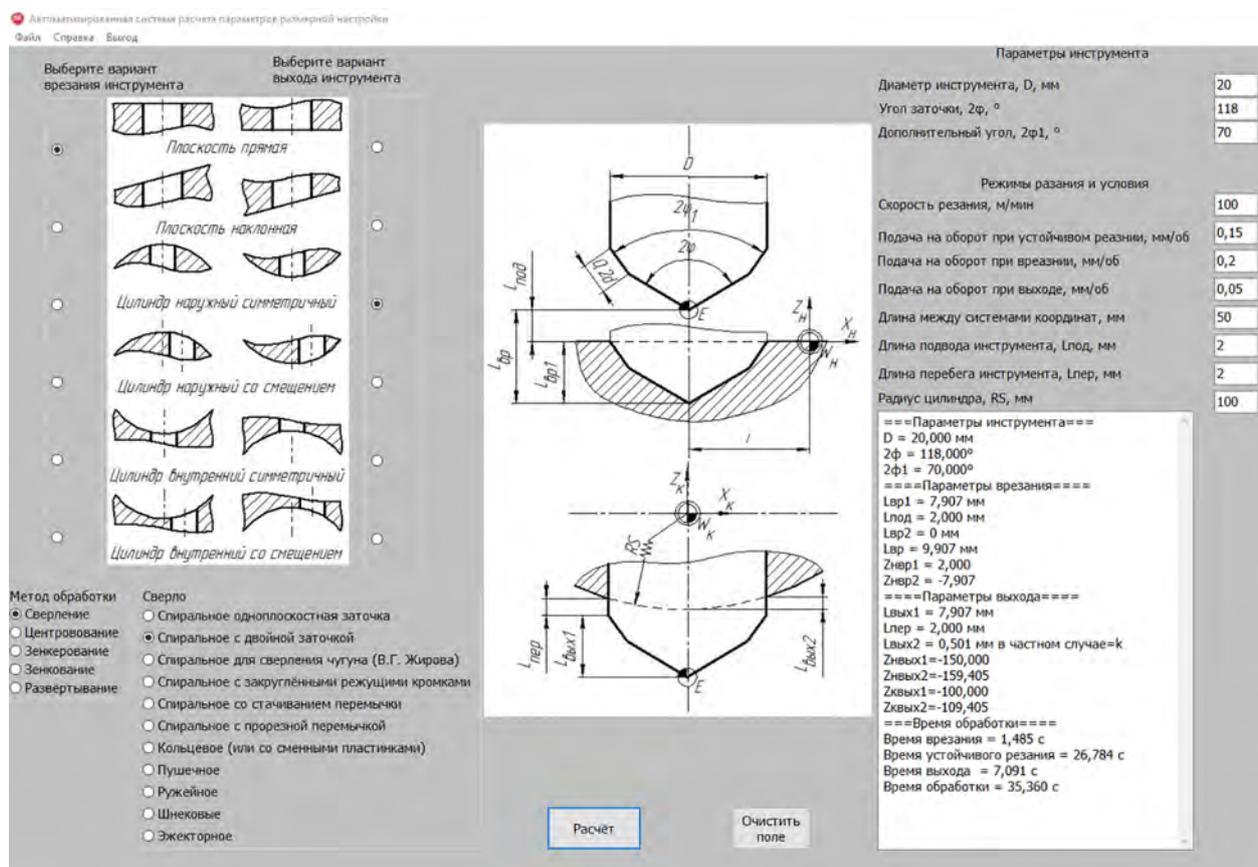


Рисунок 7 – Интерфейс программного обеспечения

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Система автоматизированного расчета параметров размерной настройки концевых фрез для обработки плоских поверхностей на станках с ЧПУ / Н. В. Беляков [и др.] // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2021. – № 1 (40). – С. 39–50.
2. Попок, Н. Н. Система поддержки принятия решений по размерной настройке торцовых фрез для программирования обработки на станках с ЧПУ / Н. Н. Попок, Н. В. Беляков, В. В. Янович // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В, Промышленность. Прикладные науки. – 2021. – № 11. – С. 7–17.
3. Калькулятор для расчета режимов резания Iskar [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mpwr.iscar.com/MachiningPower>. – Дата доступа: 20.04.2023.
4. Калькулятор для расчета режимов резания Walter [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.walter-tools.com/ru-ru/press/media-portal/apps/tools-more/pages/default.aspx>. – Дата доступа: 20.04.2023.
5. Способ регистрации начала переходного процесса при выходе сверла из отверстия : пат. 859110 / Нагорняк С. Г. – № 2846069 ; заявл. 04.12.1979 ; опубл. 30.08.1981. – 3 с.
6. Система трёхмерного моделирования Компас 3D [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kompas.ru/kompas-3d/application/machinery/module-chpu-fo>. – Дата доступа: 20.04.2023.
7. Разработчик и интегратор российского ПО для управления жизненным циклом изделий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tfex.ru>. – Дата доступа: 20.04.2023.
8. Комплекты САПР NX [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://plm.sw.siemens.com/en-US/nx/products>. – Дата доступа: 20.04.2023.

9. CAD/CAM – инструменты для всех видов программирования Mastercam [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mastercam-russia.ru/index.html>. – Дата доступа: 20.04.2023.
10. Справочник технолога машиностроителя : в 2 т. / под ред. А. С. Васильева, А. А. Кутина. – М. : Инновационное машиностроение, 2018. – Т. 2. – 818 с.
11. Схиртладзе, А. Г. Проектирование технологических процессов в машиностроении / А. Г. Схиртладзе, В. П. Пучков, Н. М. Прис. – Старый Оскол : ТНТ, 2019. – 407 с.

REFERENCES

1. A system for automated calculation of dimensional adjustment parameters of end mills for processing flat surfaces on CNC machines / N. V. Belyakov [et al.] // Vestnik of Vitebsk State Technological University. – 2021. – № 1 (40). – P. 39–50.
2. Popok, N. N. Decision support system for dimensional setting of face mills for programming machining on CNC machines / N. N. Popok, N. V. Belyakov, V. V. Yanovich // Herald of Polotsk State University. Series B, Industry. Applied Science. – 2021. – № 11. – P. 7–17.
3. Calculator for calculating cutting conditions Iskar [Electronic resource]. – Mode of access: <https://mpwr.iscar.com/MachiningPower>. – Date of access: 20.04.2023.
4. Calculator for calculating cutting conditions Walter [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.walter-tools.com/ru-ru/press/media-portal/apps/tools-more/pages/default.aspx>. – Date of access: 20.04.2023.
5. Method of registering the beginning of the transition process when the drill exits the hole : pat. 859110 / Nagornyak S. G. – № 2846069 ; stat. 04.12.1979 ; publ. 30.08.1981. – 3 p.
6. Three-dimensional modeling system Kompas 3D [Electronic resource]. – Mode of access: <https://kompas.ru/kompas-3d/application/machinery/module-chpu-fo>. – Date of access: 20.04.2023.
7. Developer and integrator of Russian software for product lifecycle management [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.tflex.ru>. – Date of access: 20.04.2023.
8. Kits CAD system NX [Electronic resource]. – Mode of access: <https://plm.sw.siemens.com/en-US/nx/products>. – Date of access: 20.04.2023.
9. CAD/CAM - tools for all types of programming Mastercam [Electronic resource]. – Mode of access: <https://mastercam-russia.ru/index.html>. – Date of access: 20.04.2023.
10. Handbook of mechanical engineering technologist : in 2 vol. / ed.: A. S. Vasilev, A. A. Kutin. – M. : Innovative mechanical engineering, 2018. – Vol. 2. – 818 p.
11. Skhirtladze, A. G. Design of technological processes in mechanical engineering / A. G. Skhirtladze, V. P. Puchkov, N. M. Pris. – Stary Oskol : TNT, 2019 – 407 p.

SPISOK LITERATURY

1. Beljakov, N. V. Sistema avtomatizirovannogo rascheta parametrov razmernoj nastrojki koncevnyh frez dlja obrabotki ploskih poverhnostej na stankah s ChPU / N. V. Beljakov [i dr.] // Vestnik Vitebskogo gosudar-stvennogo tehnologicheskogo universiteta. – 2021. – № 40 (1), S. 39–50.
2. Popok, N. N. Sistema podderzhki prinjatija reshe-nij po razmernoj nastrojke torcovyh frez dlja programirovanija obrabotki na stankah s ChPU / N. N. Popok, N. V. Beljakov, V. V. Janovich // Vestnik Polockogo gosudarstvennogo universiteta. Serija B, Promyshlennost'. Prikladnye nauki, 2021. – № 11. – S. 7–17.
3. Kal'kuljator dlja rascheta rezhimov rezanija Iskar [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://mpwr.iscar.com/MachiningPower>. – Data dostupa: 20.04.2023.
4. Kal'kuljator dlja rascheta rezhimov rezanija Walter [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.walter-tools.com/ru-ru/press/media-portal/apps/tools-more/pages/default.aspx>. – Data dostupa: 20.04.2023.
5. Sposob registracii nachala perehodnogo processa pri vyhode sverla iz otverstija : pat. 859110 / Nagornjak, S. G. – № 2846069 ; opubl. 30.08.1981. – 3 s/
6. Sistema trjohmernogo modelirovanija Kompas 3D [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://kompas.ru/kompas-3d/application/machinery/module-chpu-fo>. – Data dostupa: 20.04.2023.
7. Razrabotchik i integrator rossijskogo PO dlja upravlenija zhiznennym ciklom iz-delij T-FLEX [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.tflex.ru>. – Data dostupa: 20.04.2023.
8. Komplekty SAPR NX [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://plm.sw.siemens.com/en-US/nx/products>. – Data dostupa: 20.04.2023.
9. CAD/CAM-instrumenty dlja vseh vidov programirovanija Mastercam [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://mastercam-russia.ru/index.html>. – Data dostupa: 20.04.2023.

10. Spravochnik tehnologa mashinostroitelja, V 2 t. / A. S. Vasil'ev, A. A. Kutin. – M., 2018. – T. 2. – 818 s.
11. Shirladze, A. G. Proektirovanie tehnologiche-skih processov v mashinostroenii / A. G. Shirladze, V. P. Puchkov, N. M. Pris. – Staryj Oskol, 2019. – 407 s.

Статья поступила в редакцию 14.09.2023.

Теория экструзии вязко-пластичных сред: история, терминология, классификация

В.В. Пятов, А.Н. Голубев

Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь

E-mail: tm@vstu.by

Аннотация. В работе дан ретроспективный анализ научных публикаций, посвященных развитию теоретических представлений о процессах получения изделий экструзионным методом. Основное внимание уделено способам теоретического описания экструзии высоконаполненных пластичных композиций, состоящих из трех фаз: твердых частиц основной фазы, мягкого пластификатора и газовой фазы. К таким композициям, в частности, относятся пластифицированные металлические, твердосплавные и керамические порошки, которые по своим физическим и технологическим свойствам существенно отличаются от вязких жидкостей, литых металлов и чистых порошков. Анализ публикаций показывает, что общая теория деформации подобных сред пока не построена.

Ключевые слова: экструзия, вязко-пластичная среда, пластифицированный порошок, теория деформации, порошковая металлургия.

Visco-Plastic Media Extrusion Theory: History, Terminology, Classification

V. Pyatov, A. Golubev

Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus

E-mail: tm@vstu.by

Annotation. The work provides a retrospective analysis of scientific publications describing the development of theoretical ideas about the processes of producing products using the extrusion method. The main attention is paid to methods for theoretically describing the extrusion of highly filled plastic compositions consisting of three phases: solid particles of the main phase, soft plasticizer and gas phase. Such compositions include plasticized metal, carbide and ceramic powders, which in their physical and technological properties differ significantly from viscous liquids, cast metals and pure powders. An analysis of publications shows that a general theory of deformation of such media has not yet been constructed.

Key words: extrusion, visco-plastic medium, plasticized powder, theory of deformation, powder metallurgy.

ВВЕДЕНИЕ

Экструзия является одним из традиционных методов формования вязко-пластичных сред. Метод экструзии состоит в том, что нагретая формуемая масса продавливается через фильеру с помощью пуансона или шнека, после чего материал охлаждается и застывает, при этом изделие приобретает требуемую форму сечения. Данная технология хорошо освоена в химической промышленности [1–2], где находит применение для гомогенизации и пластикации исходного сырья. В электротехнической промышленности экструзия широко применяется для нанесения полимерной термопластичной изоляции на провода [3].

В отличие от экструзии термопластичных полимерных материалов, которые в теоретических моде-

лях рассматривают как вязкие жидкости, экструзия твердых измельченных материалов изучена хуже. С помощью выдавливания пластифицированных керамических и металлических порошков через фильеру заданного сечения получают длинномерные изделия разного профиля, такие, как теплообменники, фильтры, порошковые шнуры для нанесения покрытий [4]. Существуют технологии шнековой переработки измельченных отходов гальванических производств [5], освоена технология термомеханического экструзионного рециклинга отходов обувных производств [6–10].

Поскольку по мере развития промышленного производства шнековые машины (червячные прессы) начинали находить применение для получения самых различных изделий, исторически сложилось так, что

и теория экструзии независимо стала развиваться параллельно в разных отраслях промышленности. Это привело к терминологической запутанности, когда одинаковые по своей сути процессы могут называться по-разному, в зависимости от того, какие материалы формуют и какое оборудование для этого используют. И наоборот, разные по своим физическим проявлениям процессы часто могут называться одинаково. К примеру, под «горячей экструзией» в порошковой металлургии и химической промышленности подразумевают принципиально разные процессы деформации среды. В первом случае речь может идти о деформации материала, не сопровождающейся его упрочнением при температурах выше температуры рекристаллизации, во втором – о вязком течении нагретого термопластичного полимерного материала. Такая путаница в терминах приводит к дополнительным трудностям.

Большой вклад в разработку технологии и оборудования для шнековой экструзии был сделан в пищевой индустрии, где она широко используется для транспортировки, измельчения, отжима разнообразных продуктов питания (набивка колбас, формование сухих кормов, кондитерская промышленность). Многие исследования по экструзии выполнены учеными, работающими в химической промышленности, где экструдеры (ранее часто называемые червячными прессами) используют для формования термопластичных полимеров [11–12]. Аналогичное оборудование применяют энергетики и связисты при изготовлении кабельной продукции, в этом случае с помощью экструзионных головок специальной конструкции осуществляют нанесение термопластичной полимерной изоляции на токопроводящие металлические жилы. Экструзию используют в строительной промышленности для формования керамических дренажных [13] и канализационных [14] труб, глиняного кирпича [15] и других стройматериалов. Изделия из тонкой технической керамики тоже можно формовать экструзией [16]. В порошковой металлургии экструзией формуют твердые сплавы [17], тугоплавкие и жаропрочные соединения [18]. Разновидностью экструзии – мундштучным выдавливанием – получают изделия из жестких ферритовых и мягких металлических [19] порошков. Как видно из приведенного краткого обзора, области промышленного применения процесса экструзии весьма разнообразны.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Научные публикации, посвященные научным и технологическим проблемам экструзии, начали появляться в первой половине XX века и были обобщены в фундаментальном труде советского ученого М.Ю. Бальшина [20]. Использование спеченных твердых сплавов для изготовления режущего инструмента произвело в то время революцию в металлообработке [21]. Применение пластификаторов

позволило разработать технологию экструзии жестких труднопрессуемых керамических порошков [22]. Заметной вехой стала монография Г.П. Злобина [23], обобщающая достижения теории и технологии получения изделий из твердых сплавов.

Успехи твердосплавной промышленности стимулировали применение холодной экструзии для формования изделий из других сыпучих сред. Так, был разработан процесс прессования жестких ферритовых порошков [24], заключающийся в экструзии порошка, пластифицированного поливиниловым спиртом или парафином [25]. Все эти порошки в чистом виде плохо прессуются и использование при их формовании связующе-пластифицирующих добавок представляется естественным.

Однако и при экструзии сравнительно мягких металлических порошков тоже часто прибегают к пластификации [26]. Освоены технологии формования титановых сварочных электродов [27], алюминиевых [28–29] и бронзовых [30] изделий, фильтров из нержавеющей стали [31] и псевдосплавов [32]. Можно утверждать [33], что при правильной пластификации возможно прессовать любые порошковые среды.

Формуемые экструзией высоконаполненные пластичные композиции состоят из трех радикально различающихся по составу и свойствам фаз: твердых частиц основной фазы, мягкого пластификатора и газовой фазы. В научных публикациях встречаются следующие способы описания процесса деформации таких многофазных сред.

1. Пластичная измельченная среда ассоциируется с вязкой жидкостью. Так как это неньютоновская жидкость [34], то рассматривают различные реологические модели: от простого тела Бингама – Шведова до весьма сложных комбинаций [35–36]. Наиболее простую классификацию вязких жидкостных систем предложил Додж [37]. По этой классификации жидкости бывают вязкими, с нестационарными реологическими характеристиками и упруго-вязкими. К первой группе относятся ньютоновские жидкости с линейной кривой течения, бингамовские вязко-пластичные среды и аномально-вязкие реологические системы с нелинейной кривой течения. Пластифицированные порошки по своим реологическим свойствам ближе всего к аномально-вязким средам.

Различают псевдопластичные и дилатантные аномально-вязкие системы. Псевдопластичностью обладают суспензии с асимметричными частицами; дилатансия характерна для паст и суспензий с большим содержанием твердой фазы. Для аномально-вязких псевдопластичных систем предложено большое количество реологических моделей, но наибольшее распространение получила степенная модель Оствальда – Рейнера [38]. Принципиальным недостатком этой модели является зависимость коэффициентов, определяющих течение среды, от ее температуры [39]. Принцип температурной инвари-

антности основных реологических характеристик среды сначала был предложен А. Александровым и Ю. Лазуркиным [40], а затем исследован Г. Виноградовым, А. Малкиным [41] и В. Каргиным [42].

Пластифицированные порошковые среды также подвергались реологическим исследованиям. Установлено, что такие материалы являются пластично-вязкими телами. Измерены их вязкость и предел текучести, изучено поведение в условиях сдвига и определены основные закономерности экструзии. Хорошее совпадение результатов теоретических и экспериментальных исследований получено лишь для материалов, содержащих жидкие растворы неорганических пластификаторов, например, бентонитовой глины с водой. Изучение таких смесей представляет чисто теоретический интерес, так как мягкие прессы деформируются под собственным весом и для практических целей непригодны. Сделан вывод о неприменимости гидродинамической аналогии при описании деформации пластифицированных металлических и керамических порошков [43].

В работе [44] была предпринята интересная попытка построить математическую модель, адекватно описывающую деформацию необратимо уплотняемых сред. Металлические порошки в этой модели считают вязко-пластичными телами, лишенными упругих свойств. Состояние таких сред определяется температурой, пористостью и параметрами упрочнения. Однако влияние пластификатора на реологию смеси в этом исследовании осталось неизученным.

Корректно построенная модель процесса экструзии пластичной среды должна оперировать коэффициентами, инвариантными к напряжениям и скоростям деформации материала; лишь в этом случае возможно проведение аналитических преобразований. Для жидкостей таким коэффициентом, в известных пределах, является вязкость. В гидродинамической же модели аналог вязкости зависит от многих параметров процесса течения, в том числе и от давления. Математический аппарат гидродинамики хорошо развит для несжимаемых жидкостей, а вязко-пластичные среды, формуемые экструзией, способны к необратимому уплотнению, продолжающемуся до тех пор, пока пластификатор не займет все свободное пространство, и газовая фаза полностью не исчезнет. Поэтому гидродинамическая аналогия для описания процесса деформации таких материалов, вообще говоря, неприменима.

2. Известны попытки применения уравнений механики деформируемого твердого тела для описания течения сжимаемых сред. Основанием для этого является наличие у таких материалов небольшой прочности, возрастающей при уплотнении, что объясняется связующими свойствами пластификатора. Модель среды в этом случае строится с использованием таких ее характеристик, как предел текучести,

предел упругости, коэффициент Пуассона, коэффициент трения. Эти параметры, оставаясь постоянными в известных пределах для литых металлов, являются сложными функциями напряженного состояния для необратимо сжимаемых сред, из-за чего проведение аналитических преобразований, вообще говоря, оказывается невозможным [45].

Следует выделить случай, когда материал, подвергаемый экструзии, уплотнен до компактного состояния (сжат так, что газовая фаза полностью исчезла и пластификатор занял все свободное пространство). Свойства среды в таком состоянии стабилизируются, предел текучести перестает зависеть от напряжений, связь между нормальными и касательными напряжениями на поверхности трения близка к линейной. Отмечается, что для уплотненной до такой степени композиции применимы уравнения деформации неупрочняемого литого металла, но со специфическими граничными условиями [46].

В теории обработки металлов давлением касательные напряжения на поверхности деформации часто считают не зависящими от нормальных напряжений или зависящими линейно. И в том, и в другом случае используемые для описания деформации характеристики среды считаются инвариантными к напряжениям в широком интервале давлений, что уводит от реальности, но позволяет решать уравнения течения. Иногда даже удается получить хорошее совпадение результатов теоретических и экспериментальных исследований, вовсе пренебрегая внешним трением. Это объясняется тем, что при прессовании литых металлов большая часть энергии деформации затрачивается на изменение формы, на внутреннее трение. Поэтому закон внешнего трения для таких прочных сред не особенно и важен.

Пластифицированный порошок, даже спрессованный до несжимаемого состояния, имеет пределы текучести и прочности на два–три порядка меньше, чем литой металл. Это приводит к перераспределению энергозатрат между внутренним и внешним трением при деформации среды в пользу последнего. Поэтому неточность в задании граничных условий при формировании сыпучих сред приводит к потере адекватности модели, построенной по аналогии с литым металлом. Можно сделать вывод: для измельченных сред, подвергаемых экструзии, очень важно правильно задать закон внешнего трения.

3. Общая теория уплотнения порошковых сред пока не создана. В ее основе должна лежать зависимость плотности среды от напряженного состояния [47], опирающаяся на инвариантные к напряжениям параметры. Разнообразие порошков делает построение общей теории чрезвычайно сложной задачей [48].

Предприняты попытки решения более простой задачи по отысканию связи между плотностью среды и давлением в ней при равномерном всестороннем сжатию [49]. Получены многочисленные уравнения

прессования [50–51], имеющие ограниченные области применения. Универсальной зависимости даже для простого случая равномерного всестороннего сжатия не обнаружено.

М. Ю. Бальшин, Г. М. Жданович и О. В. Роман приняли в качестве модели дискретную среду, представляя ее в виде шероховатых шаров, материал которых подчинен только закону Гука [52].

Основные задачи пластичности и контактной прочности из-за математических трудностей были только сформулированы и в общем случае не решены. Даже для таких упрощенных моделей при выводе уравнений прессования часто не учитываются столь важные факторы, как скорость деформации среды и трение на ее поверхности. В условиях математических трудностей при выводе аналитических решений получили развитие численные методы математического моделирования дискретных сред, основанные на методе дискретных элементов DEM (Discrete Element Method), который реализован в ряде программных средств инженерного анализа. Такой подход основан на моделировании свойств каждой отдельной частицы и представлении фор-

муемого материала в виде идеализированного набора частиц, размещенных в материальном цилиндре экструдера [53].

В порошковой металлургии обычно используют такие характеристики среды, как коэффициенты внешнего и межчастичного трения, коэффициент бокового давления. У пластифицированных порошков они не только сильно зависят от напряжений, но и зависят нелинейно [54]. Для построения теории деформации таких сред необходимо найти инвариантные к напряжениям характеристики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, пластифицированный порошок по своим физическим и технологическим свойствам существенно отличается от вязких жидкостей, литых металлов и чистых классических порошков. Теория деформации таких сред пока не построена. Внешнее трение пластифицированного порошка не может быть описано с помощью линейного закона Кулона – Амонтона из-за сильной зависимости коэффициентов трения и бокового давления от вида напряженного состояния и величины действующих напряжений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Володин, В. П. Экструзия профильных изделий из термопластов / В. П. Володин. – Санкт-Петербург : Профессия, 2005. – 480 с.
2. Ким, В. С. Теория и практика экструзии полимеров / В. С. Ким. – Москва : Химия, 2005. – 568 с.
3. Производство кабелей и проводов / Н. И. Белоруссов [и др.]. – Москва : Энергоиздат, 1981. – 632 с.
4. Пятов, В. В. Теоретические и технологические основы холодной экструзии порошковых материалов / В. В. Пятов. – Витебск : УО «ВГТУ», 2002. – 237 с.
5. Шелег, В. К. Переработка гальваноотходов / В. К. Шелег, А. С. Ковчур, В. В. Пятов. – Витебск : УО «ВГТУ», 2004. – 185 с.
6. Матвеев, К. С. Термомеханический рециклинг композиции из отходов подошвенных пенополиуретанов шнековой экструзией / К. С. Матвеев, В. В. Пятов // Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии : материалы VIII междунар. науч.-тех. конф., Гродно, 29–30 октября 2009 г. : в 2 ч. / УО «ГрГУ им. Я. Купалы». – Гродно, 2009. – Ч. 2. – С. 304–310.
7. Экструдер для термомеханического рециклинга отходов интегральных полиуретанов : пат. ВУ 5320 : МПК (2006) С 08G 18/00 / К. С. Матвеев, А. К. Новиков, В. В. Пятов, С. В. Бровко, А. К. Матвеев, А. Н. Голубев. – Оpubл. 30.06.2009.
8. Шнековый экструдер для переработки полимерсодержащих отходов : пат. ВУ 5953 : МПК (2009) В 29С 47/00, С 08G 18/00 / А. К. Новиков, К. С. Матвеев, В. В. Пятов, А. Н. Голубев, С. В. Бровко, Т. С. Куксенюк. – Оpubл. 28.02.2010.
9. Экспериментальный экструдер для переработки полимерных отходов : пат. ВУ 6093 : МПК (2009) В 29С 47/92 / А. К. Новиков, К. С. Матвеев, С. В. Бровко, В. В. Пятов, А. Н. Голубев, А. К. Матвеев. – Оpubл. 30.04.2010.
10. Способ переработки отходов жестких полиуретанов : пат. ВУ 16053 : МПК С 08J 11/10 (2006.01) / К. С. Матвеев, В. В. Пятов, А. К. Новиков, Е. А. Егорова, Г. Н. Солтовец, А. К. Матвеев. – Оpubл. 30.06.2012.
11. Иванченко, А. И. Расчет одночервячных прессов / А. И. Иванченко. – Киев, 1962. – 120 с.
12. Каплун, Я. Б. Формующее оборудование экструдеров / Я. Б. Каплун, В. С. Ким. – Москва : Машиностроение, 1969. – 160 с.
13. Лукинов, М. И. Производство керамических дренажных труб / М. И. Лукинов. – Москва : Стройиздат, 1981. – 216 с.
14. Производство керамических канализационных труб / Р. М. Зайонц [и др.]. – Москва : Стройиздат, 1971. – 172 с.

15. Кашкаев, И. С. Производство глиняного кирпича / И. С. Кашкаев, Е. Ш. Шейман. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Высшая школа, 1978. – 248 с.
16. Ничипоренко, С. П. О формировании керамических масс в ленточных прессах / С. П. Ничипоренко. – Киев : Наукова думка, 1971. – 75 с.
17. Плющ, Г. В. Исследование закономерностей мундштучного прессования металлокерамических твердых сплавов : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Г. В. Плющ. – Киев, 1970. – 27 с.
18. Тугоплавкие соединения / Г. В. Самсонов [и др.]. – Москва : Металлургия, 1976. – 558 с.
19. Клименков, С. С. Теория и технология экструдирования реологических порошковых композиций методом шнекового прессования, создание оборудования и внедрение в народное хозяйство : дис. ... д-ра техн. наук : 05.16.06 / С. С. Клименков. – Минск, 1991. – 436 с.
20. Бальшин, М. Ю. Порошковая металлургия / М. Ю. Бальшин. – Москва, 1938. – 288 с.
21. Каспаров, А. М. Советские твердые и сверхтвердые сплавы и способы их применения / А. М. Каспаров. – Москва, 1932. – 120 с.
22. Брохин, И. С. Формование порошков твердосплавных смесей методом выдавливания / И. С. Брохин // Твердые сплавы. – Москва : ВНИИТС, 1959. – С. 100–101.
23. Злобин, Г. П. Формование изделий из порошков твердых сплавов / Г. П. Злобин. – Москва : Металлургия, 1980. – 224 с.
24. Федорченко, И. М. Порошковая металлургия. Материалы, технология, свойства, области применения / И. М. Федорченко. – Киев : Наукова думка, 1985. – 624 с.
25. Макаров, Б. В. Пластификация ферритовых порошков / Б. В. Макаров // Порошковая металлургия. – 1979. – № 11. – С. 6–9.
26. Гарднер, Н. Р. Экструзия металлокерамических порошков / Н. Р. Гарднер // Новое в порошковой металлургии. – Москва : Металлургия, 1970. – С. 101–102.
27. Живов, Л. И. Экструзия титановых сварочных электродов / Л. И. Живов // Цветные металлы. – 1968. – № 2. – С. 84–85.
28. Swartzwelder, J. H. Extrusion of aluminum powder compacts / J. H. Swartzwelder // Int. J. Powder Metallurgy. – 1967. – Vol. 3, № 3. – P. 53–57.
29. Sheppard, T. Densification and pressure requirements during extrusion of atomized aluminum powder / T. Sheppard, A. Greasley // Powder Metallurgy. – 1972. – Vol. 15, № 29. – P. 17.
30. Sheppard, T. Structure and properties of some tin bronzes produced by extrusion of atomized powder / T. Sheppard, A. Greasley // Powder Metallurgy. – 1978. – Vol. 21, № 3. – P. 155.
31. Андриевский, Р. А. Фильтры и пористые изделия / Р. А. Андриевский. – Москва : ЦИТЭИН, 1963. – 187 с.
32. Share, P. Powder Extrusion as a Primary Fabricating Process for Al-Fe Alloys / P. Share, T. Sheppard // Powder Metallurgy. – 1973. – Vol. 16, № 32. – P. 437.
33. Shaker, H. D. Cold extrusion of powder material. Material flow and workpiece properties : proceeding 18th International Machine Tool Design and Research Conference / H. D. Shaker. – London, 1977. – P. 233.
34. Косторнов, А. Г. Реологические исследования пластифицированной порошковой шихты / А. Г. Косторнов, А. И. Райченко // Порошковая металлургия. – 1966. – № 5. – С. 21–22.
35. Райченко, А. И. Реологические исследования пластифицированной порошковой шихты / А. И. Райченко, А. Г. Косторнов // Порошковая металлургия. – 1966. – № 6. – С. 11–12.
36. Косторнов, А. Г. Реологические исследования пластифицированной порошковой шихты / А. Г. Косторнов, А. И. Райченко // Порошковая металлургия. – 1966. – № 12. – С. 10–11.
37. Уилкинсон, У. Неньютоновские жидкости / У. Уилкинсон. – Москва : Мир, 1964. – 216 с.
38. Рейнер, М. Деформация и поток / М. Рейнер. – Москва : ИЛ, 1964. – 280 с.
39. Бернхардт, Э. Переработка термопластичных материалов / Э. Бернхардт. – Москва : Госхимиздат, 1962. – 747 с.
40. Виноградов, Г. В. Реология полимеров / Г. В. Виноградов. – Москва : Химия, 1977. – 438 с.
41. Виноградов, Г. В. Вязкостные свойства эластомера на примере дивинил-стерильного каучука / Г. В. Виноградов, Б. Догадини, Н. Прозоровская // Коллоидный журнал. – 1968. – Т. 30, № 2. – С. 169–312.
42. Каргин, В. А. Краткие очерки по физико-химии полимеров / В. А. Каргин, Г. Л. Слонимский. – Москва : Химия, 1967. – 231 с.
43. Косторнов, А. Г. Свойства пластифицированной порошковой смеси и закономерности ее экструзии / А. Г. Косторнов, А. И. Райченко // Порошковая металлургия. – Минск : Выш. школа, 1996. – С. 96–104.
44. Друянов, Б. А. Вязкопластическое течение сжимаемого порошкового материала / Б. А. Друянов // Порошковая металлургия. – 1984. – № 8. – С. 24–27.
45. Гун, Г. Я. Математическое моделирование процессов обработки металлов давлением / Г. Я. Гун. – Москва : Металлургия, 1983. – 352 с.

46. Колмогоров, В. Л. Механика обработки металлов давлением / В. Л. Колмогоров. – Москва : Metallurgiya, 1986. – 688 с.
47. Айзенкольб, Ф. Порошковая металлургия / Ф. Айзенкольб. – Москва, 1959. – 520 с.
48. Федорченко, И. М. Основы порошковой металлургии / И. М. Федорченко, Р. А. Андриевский. – Киев, 1961. – 420 с.
49. Раковский, В. С. Основы порошкового металловедения / В. С. Раковский. – Москва, 1962. – 88 с.
50. Дорофеев, Ю. Г. Уравнения уплотнения пористых материалов / Ю. Г. Дорофеев // Использование метода динамической металлокерамики в стружковой и порошковой металлургии. – Ростов, 1966. – С. 21–25.
51. Жданович, Г. М. Теория прессования металлических порошков / Г. М. Жданович. – Москва : Металлургия, 1969. – 264 с.
52. Бальшин, М. Ю. Об определении контактного сечения и некоторых механических свойств пористых, порошковых и волокнистых материалов / М. Ю. Бальшин // Порошковая металлургия в новой технике. – Москва : Наука, 1968. – С. 51–55.
53. Бижанов, А. М. Математическое моделирование процесса экструзионного окускования / А. М. Бижанов // Металлург. – 2023. – № 9. – С. 91–96.
54. Пятов, В. В. Разработка процесса непрерывного формования пористых изделий сложного профиля экструзией порошков на шнековом прессе : дис. ... канд. техн. наук : 05.16.06 / В. В. Пятов. – Минск, 1988. – 187 с.

REFERENCES

1. Volodin, V. P. Extrusion of profile products from thermoplastics / V. P. Volodin. – St. Petersburg : Profession, 2005. – 480 p.
2. Kim, V. S. Theory and practice of polymer extrusion / V. S. Kim. – Moscow : Chemistry, 2005. – 568 p.
3. Production of cables and wires / N. I. Belorussov [et al.]. – Moscow : Energoizdat, 1981. – 632 p.
4. Pyatov, V. V. Theoretical and technological bases of cold extrusion of powder materials / V. V. Pyatov. – Vitebsk : EE "VGTU", 2002. – 237 p.
5. Sheleg, V. K. Recycling of galvanic waste / V. K. Sheleg, A. S. Kovchur, V. V. Pyatov. – Vitebsk : EE "VGTU", 2004. – 185 p.
6. Matveev, K. S. Thermomechanical recycling of the composition from the waste of sole polyurethane foam by screw extrusion / K. S. Matveev, V. V. Pyatov // Energy- and material-saving environmentally friendly technologies : proceedings of the 8th international scientific and technical conference, Grodno, October 29–30, 2009. : in 2 parts / EE "Ya. Kupala". – Grodno, 2009. – CH. 2. – P. 304–310.
7. Extruder for thermomechanical recycling of waste integral polyurethanes : pat. BY 5320 : MPC (2006) C 08G 18/00 / K. S. Matveev, A. K. Novikov, V. V. Pyatov, S. V. Brovko, A. K. Matveev, A. N. Golubev. – Published. 30.06.2009.
8. Screw extruder for processing of polymer-containing waste : pat. BY 5953 : IPC (2009) B 29C 47/00, C 08G 18/00 / A. K. Novikov, K. S. Matveev, V. V. Pyatov, A. N. Golubev, S. V. Brovko, T. S. Kuksenok. – Published. 28.02.2010.
9. Experimental extruder for processing polymer waste : pat. BY 6093 : MPC (2009) B 29C 47/92 / A. K. Novikov, K. S. Matveev, S. V. Brovko, V. V. Pyatov, A. N. Golubev, A. K. Matveev. – Published. 30.04.2010.
10. Method of processing of rigid polyurethane waste : patent. BY 16053 : MPC C 08J 11/10 (2006.01) / K. S. Matveev, V. V. Pyatov, A. K. Novikov, E. A. Egorova, G. N. Soltovets, A. K. Matveev. – Published 30.06.2012.
11. Ivanchenko, A. I. Calculation of single worm presses / A. I. Ivanchenko. – Kiev, 1962. – 120 p.
12. Kaplun, Ya. B. Forming equipment of extruders / Ya. B. Kaplun, V. S. Kim. – Moscow : Mashinostroenie, 1969. – 160 p.
13. Lukinov, M. I. Production of ceramic drainage pipes / M. I. Lukinov. – Moscow : Stroyizdat, 1981. – 216 p.
14. Production of ceramic sewer pipes / R. M. Zayonts [et al.]. – Moscow : Stroyizdat, 1971. – 172 p.
15. Kashkayev, I. S. Production of clay brick / I. S. Kashkayev, E. Sh. Sheiman. – 3rd ed., rev. and ext. – Moscow : Vysshaya Shkola, 1978. – 248 p.
16. Nichiporenko, S. P. About molding of ceramic masses in belt presses / S. P. Nichiporenko. – Kiev : Naukova Dumka, 1971. – 75 p.
17. Plyushch, G. V. Investigation of regularities of mundustchnogo pressing of metal-ceramic hard alloys : autoref. dis. Candidate of Technical Sciences / G. V. Plyushch. – Kiev, 1970. – 27 p.
18. Refractory compounds / G. V. Samsonov [et al.]. – Moscow : Metallurgy, 1976. – 558 p.
19. Klimenkov, S. S. Theory and technology of extruding rheological powder compositions by screw pressing, equipment creation and implementation in the national economy : a dis. ... Doctor of Technical Sciences : 05.16.06 /

- S. S. Klimenkov. – Minsk, 1991. – 436 p.
20. Balshin, M. Y. Powder metallurgy / M. Y. Balshin. – Moscow, 1938. – 288 p.
 21. Kasparov, A. M. Soviet hard and superhard alloys and ways of their application / A. M. Kasparov. – Moscow, 1932. – 120 p.
 22. Brokhin, I. S. Forming of carbide mixture powders by extrusion method / I. S. Brokhin // *Hard Alloys*. – Moscow : VNIITS, 1959. – P. 100–101.
 23. Zlobin, G. P. Forming of products from hard alloy powders / G. P. Zlobin. – Moscow : Metallurgy, 1980. – 224 p.
 24. Fedorchenko, I. M. Powder metallurgy. Materials, technology, properties, applications / I. M. Fedorchenko. – Kiev : Naukova Dumka, 1985. – 624 p.
 25. Makarov, B. V. Plasticization of ferrite powders / B. V. Makarov // *Powder Metallurgy*. – 1979. – № 11. – P. 6–9.
 26. Gardner, N. R. Extrusion of metal-ceramic powders / N. R. Gardner // *New in powder metallurgy*. – Moscow : Metallurgy, 1970. – P. 101–102.
 27. Zhivov, L. I. Extrusion of titanium welding electrodes / L. I. Zhivov // *Non-Ferrous Metals*. – 1968. – № 2. – P. 84–85.
 28. Swartzwelder, J. H. Extrusion of aluminum powder compacts / J. H. Swartzwelder // *Int. J. Powder Metallurgy*. – 1967. – Vol. 3, № 3. – P. 53–57.
 29. Sheppard, T. Densification and pressure requirements during extrusion of atomized aluminum powder / T. Sheppard, A. Greasley // *Powder Metallurgy*. – 1972. – Vol. 15, № 29. – P. 17.
 30. Sheppard, T. Structure and properties of some tin bronzes produced by extrusion of atomized powder / T. Sheppard, A. Greasley // *Powder Metallurgy*. – 1978. – Vol. 21, № 3. – P. 155.
 31. Andrievskiy, R. A. Filters and porous products / R. A. Andrievskiy. – Moscow : CITEIN, 1963. – 187 p.
 32. Share, P. Powder Extrusion as a Primary Fabricating Process for Al-Fe Alloys / P. Share, T. Sheppard // *Powder Metallurgy*. – 1973. – Vol. 16, № 32. – P. 437.
 33. Shaker, H. D. Cold extrusion of powder material. Material flow and workpiece properties : proceeding 18th International Machine Tool De-sign and Research Conference / H. D. Shaker. – London, 1977. – P. 233.
 34. Kostornov, A. G. Rheological studies of plasticized powder charge / A. G. Kostornov, A. I. Raichenko // *Powder Metallurgy*. – 1966. – № 5. – P. 21–22.
 35. Raichenko, A. I. Rheological studies of plasticized powder charge / A. I. Raichenko, A. G. Kostornov // *Powder Metallurgy*. – 1966. – № 6. – P. 11–12.
 36. Kostornov, A. G. Rheological studies of plasticized powder charge / A. G. Kostornov, A. I. Raichenko // *Powder Metallurgy*. – 1966. – № 12. – P. 10–11.
 37. Wilkinson, W. Non-Newtonian fluids / W. Wilkinson. – Moscow : Mir, 1964. – 216 p.
 38. Reiner, M. Deformation and flow / M. Reiner. – Moscow : IL, 1964. – 280 p.
 39. Bernhardt, E. Processing of thermoplastic materials / E. Bernhardt. – Moscow : Goskhimizdat, 1962. – 747 p.
 40. Vinogradov, G. V. Rheology of polymers / G. V. Vinogradov. – Moscow : Chemistry, 1977. – 438 p.
 41. Vinogradov, G. V. Viscosity properties of elastomer on the example of divinyl-sterile rubber / G. V. Vinogradov, B. Dogadini, N. Prozorovskaya // *Colloid Journal*. – 1968. – T. 30, № 2. – P. 169–312.
 42. Kargin, V. A. Short essays on physico-chemistry of polymers / V. A. Kargin, G. L. Slonimsky. – Moscow : Chemistry, 1967. – 231 p.
 43. Kostornov, A. G. Properties of plasticized powder mixture and regularities of its extrusion / A. G. Kostornov, A. I. Raichenko // *Powder Metallurgy*. – Minsk : Vysh. school, 1996. – P. 96–104.
 44. Druyanov, B. A. Viscoplastic flow of compressible powder material / B. A. Druyanov // *Powder Metallurgy*. – 1984. – № 8. – P. 24–27.
 45. Gun, G. Ya. Mathematical modeling of metal forming processes / G. Ya. Gun. – Moscow : Metallurgy, 1983. – 352 p.
 46. Kolmogorov, V. L. Mechanics of metal processing by pressure / V. L. Kolmogorov. – Moscow : Metallurgy, 1986. – 688 p.
 47. Eisenkolb, F. Powder metallurgy / F. Eisenkolb. – Moscow, 1959. – 520 p.
 48. Fedorchenko, I. M. Fundamentals of powder metallurgy / I. M. Fedorchenko, R. A. Andrievsky. – Kiev, 1961. – 420 p.
 49. Rakovsky, V. S. Fundamentals of powder metallurgy / V. S. Rakovsky. – Moscow, 1962. – 88 p.
 50. Dorofeev, Yu. G. Equations of compaction of porous materials / Yu. G. Dorofeev // *Use of dynamic metal-ceramic method in chip and powder metallurgy*. – Rostov, 1966. – P. 21–25.
 51. Zhdanovich, G. M. Theory of pressing metal powders / G. M. Zhdanovich. – Moscow : Metallurgy, 1969. – 264 p.
 52. Balshin, M. Yu. On determination of contact section and some mechanical properties of porous, powder

and fiber materials / M. Yu. Balshin // Powder metallurgy in new technology. – Moscow : Nauka, 1968. – P. 51–55.

53. Bizhanov, A. M. Mathematical modeling of the extrusion pelletizing process / A. M. Bizhanov // Metallurg. – 2023. – № 9. – P. 91–96.

54. Pyatov, V. V. Development of the process of continuous molding of porous products of a complex profile by powder extrusion on a screw press : Cand. Candidate of Technical Sciences : 05.16.06 / V. V. Pyatov. – Minsk, 1988. – 187 p.

SPISOK LITERATURY

1. Volodin, V. P. Jekstruzija profil'nyh izdelij iz termoplastov / V. P. Volodin. – Sankt-Peterburg : Professija, 2005. – 480 s.

2. Kim, V. S. Teorija i praktika jekstruzii polimerov / V. S. Kim. – Moskva : Himija, 2005. – 568 s.

3. Proizvodstvo kabelej i provodov / N. I. Belorussov [i dr.]. – Moskva : Jenergoizdat, 1981. – 632 s.

4. Pjatov, V.V. Teoreticheskie i tehnologicheskie osnovy holodnoj jekstruzii poroshkovyh materialov / V.V. Pjatov. – Vitebsk : UO «VGTU», 2002. – 237 s.

5. Sheleg, V. K. Pererabotka gal'vanootodov / V. K. Sheleg, A. S. Kovchur, V. V. Pjatov. – Vitebsk : UO «VGTU», 2004. – 185 s.

6. Matveev, K. S. Termomehanicheskiy recikling kompozicii iz othodov podoshvennyh penopoliiuretanov shnekovoj jekstruziej / K. S. Matveev, V. V. Pjatov // Jenergo- i materialosberegajushhie jekologicheski chistye tehnologii : materialy 8 mezhdunar. nauch.-teh. konf., Grodno, 29–30 oktyabrya 2009 g. : v 2 ch. / UO «GrGU im. Ya. Kupaly». – Grodno, 2009. – Ch. 2. – S. 304-310.

7. Jekstruder dlja termomehanicheskogo reciklinga othodov integral'nyh poliuretanov : pat. BY 5320 : MPK (2006) C 08G 18/00 / K. S. Matveev, A. K. Novikov, V. V. Pjatov, S. V. Brovko, A. K. Matveev, A. N. Golubev. – Opubl. 30.06.2009.

8. Shnekovyy jekstruder dlja pererabotki polimersoderzhashhih othodov : pat. BY 5953 : MPK (2009) B 29C 47/00, C 08G 18/00 / A. K. Novikov, K. S. Matveev, V. V. Pjatov, A. N. Golubev, S. V. Brovko, T. S. Kuksenok. – Opubl. 28.02.2010.

9. Jeksperimental'nyj jekstruder dlja pererabotki polimernyh othodov : pat. BY 6093 : MPK (2009) B 29C 47/92 / A. K. Novikov, K. S. Matveev, S. V. Brovko, V. V. Pjatov, A. N. Golubev, A. K. Matveev. – Opubl. 30.04.2010.

10. Sposob pererabotki othodov zhestkih poliuretanov : pat. BY 16053 : MPK C 08J 11/10 (2006.01) / K. S. Matveev, V. V. Pyatov, A. K. Novikov, E. A. Egorova, G. N. Soltovec, A. K. Matveev. – Opubl. 30.06.2012.

11. Ivanchenko, A. I. Raschet odnocheryachnyh pressov / A. I. Ivanchenko. – Kiev, 1962. – 120 s.

12. Kaplun, Ya. B. Formuyushchee oborudovanie ekstrudirov / Ya. B. Kaplun, V. S. Kim. – Moskva : Mashinostroenie, 1969. – 160 s.

13. Lukinov, M. I. Proizvodstvo keramicheskikh drenaznyh trub / M. I. Lukinov. – Moskva : Strojizdat, 1981. – 216 s.

14. Proizvodstvo keramicheskikh kanalizacionnyh trub / R. M. Zajonc [i dr.]. – Moskva : Strojizdat, 1971. – 172 s.

15. Kashkaev, I. S. Proizvodstvo glinyanogo kirpicha / I. S. Kashkaev, E. Sh. Shejman. – 3-e izd., pererab. i dop. – Moskva : Vysshaya shkola, 1978. – 248 s.

16. Nichiporenko, S. P. O formovanii keramicheskikh mass v lentochnyh pressah / S. P. Nichiporenko. – Kiev : Naukova dumka, 1971. – 75 s.

17. Plyushch, G. V. Issledovanie zakonomernostej mundstuchnogo pressovaniya metallokeramicheskikh tverdyh splavov : avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk / G. V. Plyushch. – Kiev, 1970. – 27 s.

18. Tugoplavkie soedineniya / G. V. Samsonov [i dr.]. – Moskva : Metallurgiya, 1976. – 558 s.

19. Klimenkov, S. S. Teoriya i tekhnologiya ekstrudirovaniya reologicheskikh poroshkovyh kompozicij metodom shnekovogo pressovaniya, sozdanie oborudovaniya i vnedrenie v narodnoe hozyajstvo : dis. ... d-ra tekhn. nauk : 05.16.06 / S. S. Klimenkov. – Minsk, 1991. – 436 s.

20. Bal'shin, M. Yu. Poroshkovaya metallurgiya / M. Yu. Bal'shin. – Moskva, 1938. – 288 s.

21. Kasparov, A. M. Sovetskie tverdye i sverhtverdye splavy i sposoby ih primeneniya / A. M. Kasparov. – Moskva, 1932. – 120 s.

22. Brohin, I. S. Formovanie poroshkov tverdospilavnyh smesey metodom vydavlivaniya / I. S. Brohin // Tverdye splavy. – Moskva : VNIITS, 1959. – S. 100–101.

23. Zlobin, G. P. Formovanie izdelij iz poroshkov tverdyh splavov / G. P. Zlobin. – Moskva : Metallurgiya, 1980. – 224 s.

24. Fedorchenko, I. M. Poroshkovaya metallurgiya. Materialy, tekhnologiya, svojstva, oblasti primeneniya / I. M. Fedorchenko. – Kiev : Naukova dumka, 1985. – 624 s.

25. Makarov, B. V. Plastifikaciya ferritovyh poroshkov / B. V. Makarov // Poroshkovaya metallurgiya. – 1979. – № 11. – S. 6–9.
26. Gardner, N. R. Ekstruziya metallokeramicheskikh poroshkov / N. R. Gardner // Novoe v poroshkovo metallurgii. – Moskva : Metallurgiya, 1970. – S. 101–102.
27. Zhivov, L. I. Ekstruziya titanovyh svarochnykh elektrodov / L. I. Zhivov // Cvetnye metally. – 1968. – № 2. – S. 84–85.
28. Swartzwelder, J. H. Extrusion of aluminum powder compacts / J. H. Swartzwelder // Int. J. Powder Metallurgy. – 1967. – Vol. 3, № 3. – P. 53–57.
29. Sheppard, T. Densification and pressure requirements during extrusion of atomized aluminum powder / T. Sheppard, A. Greasley // Powder Metallurgy. – 1972. – Vol. 15, № 29. – P. 17.
30. Sheppard, T. Structure and properties of some tin bronzes produced by extrusion of atomized powder / T. Sheppard, A. Greasley // Powder Metallurgy. – 1978. – Vol. 21, № 3. – P. 155.
31. Andrievskij, R. A. Fil'try i poristye izdeliya / R. A. Andrievskij. – Moskva : CITEIN, 1963. – 187 s.
32. Share, P. Powder Extrusion as a Primary Fabricating Process for Al-Fe Alloys / P. Share, T. Sheppard // Powder Metallurgy. – 1973. – Vol. 16, № 32. – P. 437.
33. Shaker, H. D. Cold extrusion of powder material. Material flow and workpiece properties : proceeding 18th International Machine Tool Design and Research Conference / H. D. Shaker. – London, 1977. – P. 233.
34. Kostornov, A. G. Reologicheskie issledovaniya plastificirovannoj poroshkovo shipty / A. G. Kostornov, A. I. Rajchenko // Poroshkovaya metallurgiya. – 1966. – № 5. – S. 21–22.
35. Rajchenko, A. I. Reologicheskie issledovaniya plastificirovannoj poroshkovo shipty / A. I. Rajchenko, A. G. Kostornov // Poroshkovaya metallurgiya. – 1966. – № 6. – S. 11–12.
36. Kostornov, A. G. Reologicheskie issledovaniya plastificirovannoj poroshkovo shipty / A. G. Kostornov, A. I. Rajchenko // Poroshkovaya metallurgiya. – 1966. – № 12. – S. 10–11.
37. Uilkinson, U. Nen'yutonovskie zhidkosti / U. Uilkinson. – Moskva : Mir, 1964. – 216 s.
38. Rejner, M. Deformaciya i potok / M. Rejner. – Moskva : IL, 1964. – 280 s.
39. Bernhardt, E. Pererabotka termoplastichnyh materialov / E. Bernhardt. – Moskva : Goskhimizdat, 1962. – 747 s.
40. Vinogradov, G. V. Reologiya polimerov / G. V. Vinogradov. – Moskva : Himiya, 1977. – 438 s.
41. Vinogradov, G. V. Vyazkostnye svoystva elastomera na primere divinil-steril'nogo kauchuka / G. V. Vinogradov, B. Dogadini, N. Prozorovskaya // Kolloidnyj zhurnal. – 1968. – T. 30, № 2. – S. 169–312.
42. Kargin, V. A. Kratkie ocherki po fiziko-himii polimerov / V. A. Kargin, G. L. Slonimskij. – Moskva : Himiya, 1967. – 231 s.
43. Kostornov, A. G. Svoystva plastificirovannoj poroshkovo smesi i zakonmernosti ee ekstruzii / A. G. Kostornov, A. I. Rajchenko // Poroshkovaya metallurgiya. – Minsk : Vysh. shkola, 1996. – S. 96–104.
44. Druyanov, B. A. Vyazkoplachestvoe techenie szhimaemogo poroshkovogo materiala / B. A. Druyanov // Poroshkovaya metallurgiya. – 1984. – № 8. – S. 24–27.
45. Gun, G. Ya. Matematicheskoe modelirovanie processov obrabotki metallov davleniem / G. Ya. Gun. – Moskva : Metallurgiya, 1983. – 352 s.
46. Kolmogorov, V. L. Mekhanika obrabotki metallov davleniem / V. L. Kolmogorov. – Moskva : Metallurgiya, 1986. – 688 s.
47. Ajzenkol'b, F. Poroshkovaya metallurgiya / F. Ajzenkol'b. – Moskva, 1959. – 520 s.
48. Fedorchenko, I. M. Osnovy poroshkovo metallurgii / I. M. Fedorchenko, R. A. Andrievskij. – Kiev, 1961. – 420 s.
49. Rakovskij, V. S. Osnovy poroshkovogo metallovedeniya / V. S. Rakovskij. – Moskva, 1962. – 88 s.
50. Dorofeev, Yu. G. Uravneniya uplotneniya poristykh materialov / Yu. G. Dorofeev // Ispol'zovanie metoda dinamicheskoy metallokeramiki v struzhkovoj i poroshkovo metallurgii. – Rostov, 1966. – S. 21–25.
51. Zhdanovich, G. M. Teoriya pressovaniya metallicheskih poroshkov / G. M. Zhdanovich. – Moskva : Metallurgiya, 1969. – 264 s.
52. Bal'shin, M. Yu. Ob opredelenii kontaktnogo secheniya i nekotorykh mekhanicheskikh svoystv poristykh, poroshkovykh i voloknistykh materialov / M. Yu. Bal'shin // Poroshkovaya metallurgiya v novoj tekhnike. – Moskva : Nauka, 1968. – S. 51–55.
53. Bizhanov, A. M. Matematicheskoe modelirovanie processa ekstruzionnogo okuskovaniya / A. M. Bizhanov // Metallurg. – 2023. – № 9. – S. 91–96.
54. Pyatov, V. V. Razrabotka processa nepreryvnogo formovaniya poristykh izdelij slozhnogo profilya ekstruziej poroshkov na shnekovom presse : dis. ... kand. tekhn. nauk : 05.16.06 / V. V. Pyatov. – Minsk, 1988. – 187 s.

Статья поступила в редакцию 08.12.2023.

Разработка коллекции спортивной одежды для бега

Н.В. Мурашова^а, Е.А. Чаленко^б
Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство), Российская Федерация
E-mail: ^аmura-5@mail.ru, ^бele-ela@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены результаты разработки коллекции малошовной спортивной одежды для бега из трикотажа. В моделях коллекции использованы единая базовая конструктивная основа для плечевых изделий и единая основа для поясных изделий. Разработан оригинальный рисунок жаккардового трикотажного переплетения на основе творческого источника.

Ключевые слова: малошовный трикотаж, спортивная одежда, тректоп, раппорт рисунка, трикотажный купон.

Designing of a Collection of Sportswear for Running

N. Murashova^a, E. Chalenko^b
The Kosygin State University of Russia, Russian Federation
E-mail: ^amura-5@mail.ru, ^bele-ela@yandex.ru

Abstract. The article presents the results of the development of a collection of low-cost running sportswear made of knitwear. To develop the collection's models, a single basic design basis is used for shoulder products and a single basis for waist products. An original pattern of jacquard knitted weave has been developed based on a creative source.

Key words: low-seam knitwear, sportswear, tracktop, pattern rapport, knitted coupon.

ВВЕДЕНИЕ

Бесшовные и малошовные технологии производства одежды – одно из перспективных динамично развивающихся направлений легкой промышленности. Используются в трикотажном и отчасти швейном производстве. Ассортимент одежды, изготовленной с применением бесшовных технологий, разнообразен, начиная от компрессионных бельевых изделий и медицинской одежды, заканчивая изделиями для активного отдыха и спорта, и верхней одеждой.

При производстве такой одежды используется специализированное дорогостоящее оборудование, позволяющее максимально использовать свойства материалов для создания формы и обеспечения комфортного уровня антропометрических и физиолого-гигиенических показателей. Трудоемкость швейного производства при этом сокращается за счет исключения швов и применения альтернативных автоматизированных технологий проектирования и изготовления продукции. Известны бренды, активно применяющие эти технологии: DIM, ODLO, DEMIX.

В связи с тем, что в основу автоматизированных процессов проектирования и производства продукции заложена глубокая унификация и широкое использование баз данных о свойствах материалов [1, 2], форме поверхности тела человека, типовых

конструктивных и технологических решениях [3, 4], актуальной задачей является расширение ассортимента за счет признаков внешней формы, не затрагивающих основные принципы формообразования, заложенные в САПР, но максимально влияющие на восприятие новизны потенциальными потребителями.

Рассмотрим решение такой задачи на примере разработки коллекции спортивной одежды [5] для бега из трикотажа.

Бесшовные трикотажные изделия вывязывают на кругловязальных машинах (целиком без швов или с минимальным количеством швов) автоматического принципа действия. Метод изготовления – вывязывание купона полотна в форме трубы с заработанным краем (рис. 1).

Один купон вывязывают для одного изделия. Размеры купона по длине и ширине определяются расчетными габаритами будущего изделия с учетом свойств трикотажного полотна и припусков на технологическую обработку (рис. 2). Форма проектируемого изделия (заужение, расширение, изменение степени компрессии на отдельных участках), изменение физиолого-гигиенических свойств (воздухопроницаемость, гигроскопичность, коэффициент термического сопротивления одежды) и визуальная



Рисунок 1 – Обработанный край купона

потребительская новизна изделия достигаются в процессе вязки:

- изменением плотности переплетения;
- добавлением пряжи с заданными свойствами;
- изменением фактуры и цвета полотна.

Базовым волокном для бесшовного производства является микрофибра. Добавление к основной нити натуральных или инновационных синтетических волокон позволяет создавать полотна с различными характеристиками и свойствами:

- эластан добавляет эластичность, упругость и компрессию;
- полиэстер повышает прочность и позволяет окрашивать полотна в неоновые яркие цвета;
- нейлон придаёт мягкость и улучшает окрашиваемость полотна;
- акрил повышает теплозащитные свойства и обладает хорошей устойчивостью к действию непогоды;
- хлопок, лён, шерсть повышают гигроскопичность и теплозащитные свойства [6].

Анализ возможностей современных кругловязальных машин, используемых при производстве бесшовных изделий нижнего и верхнего трикотажа показал, что у машин различных марок есть возможность получения петель разной структуры и цвета в одном ряду вязания, возможность получения махровых петель и получения рисунков с высокой точностью и четкостью цвета.

Габаритные размеры вывязываемых купонов имеют ограничения. Диапазон ширин вывязываемых купонов составляет 27,94 см – 48,26 см (с шагом 2,54 см). Максимальная длина купона составляет 120 см с учетом усадки полотна.

Программное обеспечение вязальных машин совместимо с современными дизайнерскими программами 3D-моделирования и конструирования. Например, программа Clo 3D, позволяет создавать лекала различных изделий с визуализацией формы из нескольких видов материалов на типовых унифицированных аватарах фигур [7]. При желании аватар может показать виртуальную модель изделия в движении. Программа имеет возможность использовать индивидуальные пропорции фигур и создавать виртуальные образы на фигуре конкретного человека. Использование программы позволяет сократить процесс проектирования изделия с нескольких суток до нескольких часов и применяется при массовой кастомизации одежды в процессе промышленного производства.

Исследование потребительских предпочтений [8] позволило определить наиболее востребованные виды ассортимента одежды для бега и их основные признаки качества. К ним относятся джемперы-тректопы с капюшоном и без, футболки, бра, майки, боди, велосипедки, легинсы и трусы.

Для создания визуального разнообразия коллекции выбраны пять активных контрастных цветов: розовый, желтый, фиолетовый, серый и черный.

В качестве творческого источника при разработке раппорта жаккарда для вязки в коллекции выбран



Рисунок 2 – Использование разного типа переплетения в определенных зонах

проект здания архитектора Zaha Hadid [9], показанный на рисунке 3. В специальной программе контур здания был обрисован. К нему добавлены несколько ярких акцентов внутри основной формы, созданы связующие элементы – линии соединения, позволяющие зацикливать раппорт. Фигура продублирована 4 раза и по центру между ними помещен аналогичный объект с измененными линиями-акцентами.

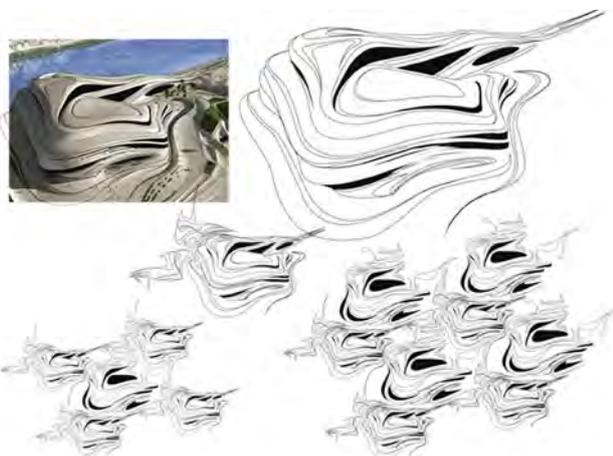


Рисунок 3 – Разработка уникального рисунка жаккарда

Группировка из пяти элементов составила основу раппорта для вывязывания жаккардового полотна в двух цветах (рис. 4).

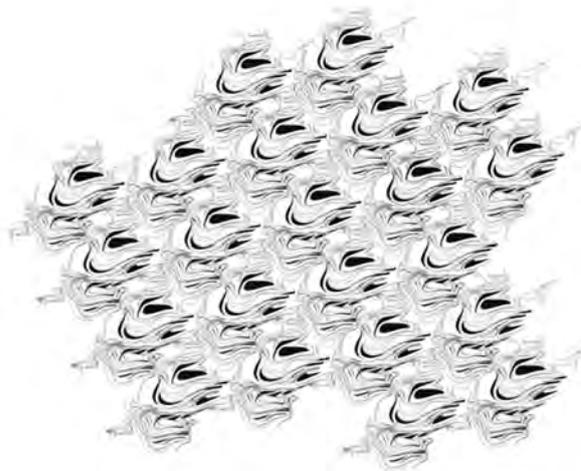


Рисунок 4 – Разработка раппорта жаккардового переплетения

На рисунке 5 представлена промышленная коллекция спортивной одежды для бега, разработанная на основе модных тенденций и анализа потребительских предпочтений.



Рисунок 5 – Коллекция малошовного трикотажа в комплектах на фигурах

В моделях коллекции использованы единая базовая конструктивная основа для плечевых изделий и единая основа для поясных изделий.

На рисунке 6 представлен демисезонный тректоп полуприлегающего силуэта покроя реглан без боковых швов полурегулярного способа производства.

Конструкция основных частей разделена на зоны с разным переплетением жаккардового рисунка (рис. 7–8)

Зонирование конструкции деталей осуществлено путем интегрирования лекал деталей в программе CLO3D и проведения виртуальной примерки (рис. 9).

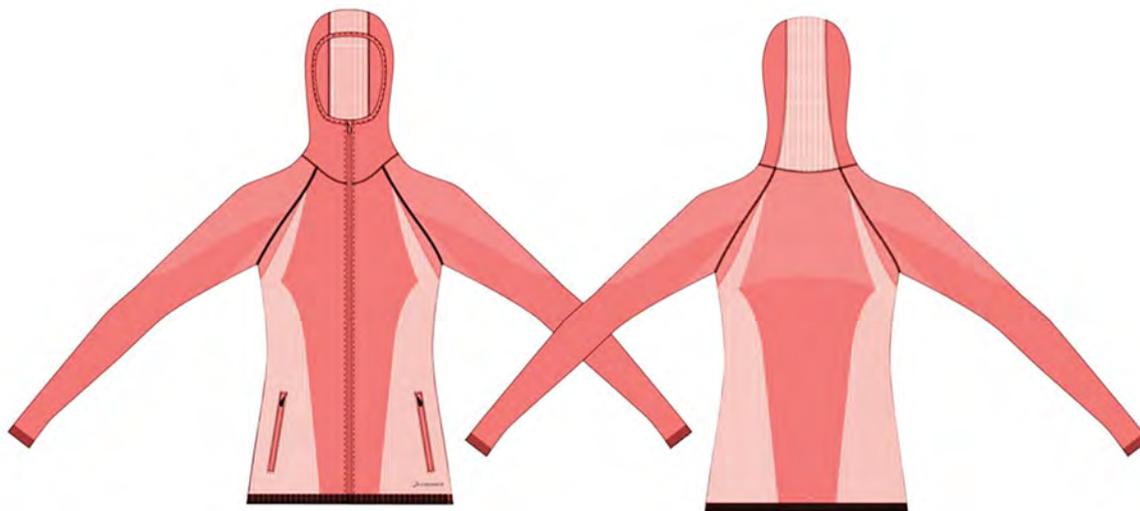


Рисунок 6 – Женский демисезонный тректоп для бега



Рисунок 7 – Различные типы вязки жаккарда для зонирования

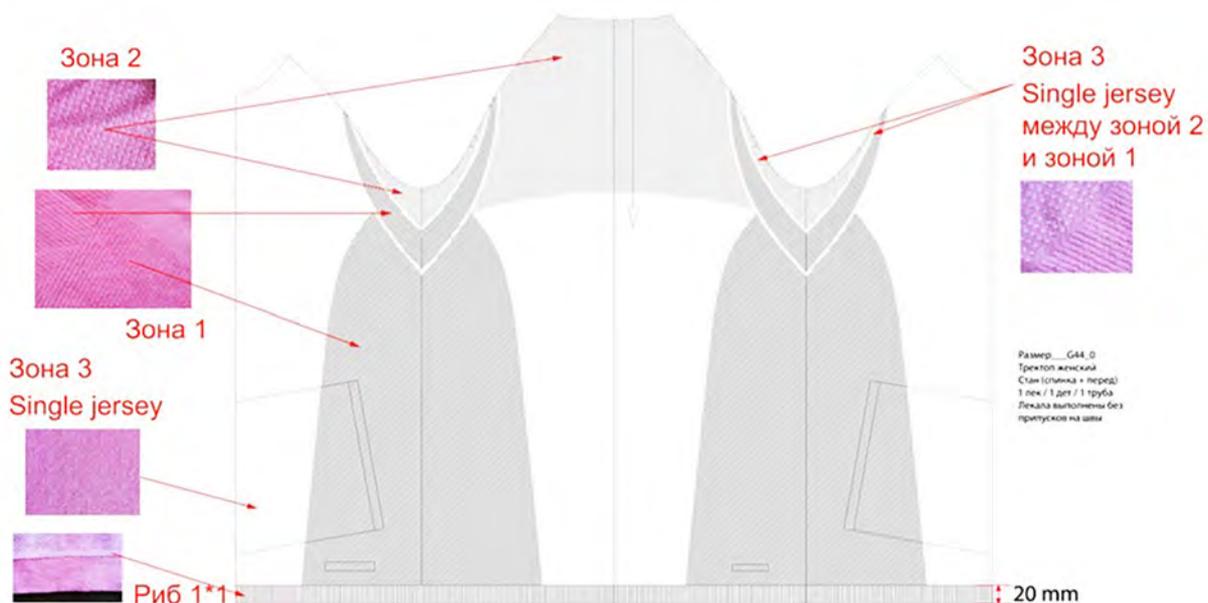


Рисунок 8 – Зонирование конструкции спинки и переда тректопа

Изготовленное изделие прошло апробацию путем опытной носки. Таким образом, на основании результатов исследований предложен механизм формирования ассортиментной коллекции, основанный на применении конструктивно-унифицированных изделий

из малошовного трикотажа с зонами различной компрессии и орнаментальных рисунков жаккардовых переплетений, что может быть рекомендовано при массовой кастомизации одежды в процессе промышленного производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Павлов, М. А. Разработка фасетной классификации материалов / М. А. Павлов, Е. А. Кирсанова // Материалы докладов 48 Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, посвященной 50-летию университета : в 2 т. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2015. – Т. 2. – С. 341–342.
2. Insolation tool V.1.0 : свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020617839 / П. В. Александрюк, А. В. Галкин, Е. А. Кирсанова. – № 2020616763 ; заявл. 02.07.2020 ; зарег. 15.07.2020.
3. Автоматизация отбора новых моделей одежды к запуску в массовое производство : свидетельство о регистрации базы данных № 2021620005 RUS / М. А. Гусева, В. С. Белгородский, Е. Г. Андреева, А. И. Чистякова ; правообладатель РГУ им. А. Н. Косыгина. – № 2020622781 ; заявл. 23.12.2020 ; зарег. 11.01.2021.
4. Цифровые шкалы измерений швейных изделий для автоматизированного контроля качества : свидетельство о регистрации базы данных № 2020622292 RUS / М. А. Гусева, Ю. В. Рогожина, Е. Г. Андреева, В. С. Белгородский, Т. Г. Глебова ; правообладатель РГУ им. А. Н. Косыгина. – № 2020622191 ; заявл. 09.11.2020 ; зарег. 16.11.2020.
5. Чаленко, Е. А. Основы художественного проектирования одежды для занятий спортом : монография / Е. А. Чаленко, Н. В. Мурашова. – Москва : РГУ им. А. Н. Косыгина, 2021. – 161 с.
6. Бузов, Б. А. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности (швейное производство) : учебник / Б. А. Бузов, Н. Д. Алыменкова. – 3-е изд. – Москва : ИЦ «Академия», 2008. – 448 с.
7. Официальный сайт разработчика программы Clo 3D [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.clo3d.com/quickstart>. – Дата доступа: 12.04.2020.
8. Чаленко, Е. А. Исследование потребительских предпочтений при выборе женских костюмов для занятий фитнесом / Е. А. Чаленко // Концепции, теория, методики фундаментальных и прикладных научных исследований в области инклюзивного дизайна и технологий : сборник научных трудов по итогам Международной научно-практической заочной конференции, Москва, 25–27 марта 2020 г. / РГУ им. А. Н. Косыгина. – Москва, 2020. – Ч. 3. – С. 151–155.
9. Сайт фирмы архитектора Zaha Hadid [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.zaha-hadid.com/>. – Дата доступа: 21.03.2020.

REFERENCE

1. Pavlov M.A., Kirsanova E.A. Development of facet classification of materials // 48 International scientific and technical conf. Rev. and stud., dedicated to the 50th anniversary of univ.: sat. art. in 2 vols. Vitebsk State Technological University. – Vitebsk, 2015. – pp. 341-342.
2. Insulation tool v.1.0. Certificate of registration of the computer program 2020617839, 07/15/2020. Application No. 2020616763 dated 02.07.2020. /Alexandryuk P.V., Galkin A.V., Kirsanova E.A.
3. Automation of the selection of new clothing models for mass production. Certificate of registration of the database 2021620005, 11.01.2021. Application No. 2020622781 dated 12/23/2020. / Guseva M.A., Belgorodsky V.S., Andreeva E.G., Chistyakova A.I.
4. Digital measurement scales of sewing products for automated quality control. Certificate of registration of the database 2020622292, 11/16/2020. Application No. 2020622191 dated 09.11.2020. / M. A. Guseva, Yu. V. Rogozhina, E. G. Andreeva, V. S. Belgorodsky, T. G. Glebova. –Moscow : Kosygin Russian State University, 2021. – 161 с.
5. Chalenko E.A., Murashova N.V. Fundamentals of artistic design of clothing for sports. Monograph. M.: Kosygin Russian State University, 2021. – 161 p.
6. Buzov B.A., Alymenkova N.D. Materials science in the production of light industry products (sewing production): textbook – 3rd ed., Moscow: IC "Academy", 2008. – 448 p.
7. Official website of the developer of the Clo 3D program [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.clo3d.com/quickstart>. – Date of access:12.04.2020.
8. Chalenko E.A. Research of consumer preferences when choosing women's suits for fitness classes //Concepts, theory, methods of fundamental and applied scientific research in the field of inclusive design and technology: collection of scientific papers of the International scientific-practical. Correspondence conference, Moscow, 2020. – pp. 151–155.

9. Website of the architect firm Zaha Hadid [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.zaha-hadid.com/>. – Date of access: 03.21.2020.

SPISOK LITERATURY

1. Pavlov M.A., Kirsanova E.A. Razrabotka fasetnoy klassifikatsii materialov // 48 mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. prep. i stud., posv. 50-letiyu univ.: sb. st. v 2 t. Vitebskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskiy universitet. – Vitebsk, 2015. – S. 341–342.
2. Insolation tool v.1.0. Svidetel'stvo o registratsii programmy dlya EVM 2020617839, 15.07.2020. Zayavka № 2020616763 ot 02.07.2020. / P. V. Aleksandryuk, A. V. Galkin, E. A. Kirsanova.
3. Avtomatizatsiya otbora novykh modeley odezhdy k zapusku v massovoye proizvodstvo. Svidetel'stvo o registratsii bazy dannykh 2021620005, 11.01.2021. Zayavka № 2020622781 ot 23.12.2020. / M. A. Guseva, V. S. Belgorodskiy, E. G. Andreyeva, A. I. Chistyakova.
4. Tsifrovyye shkaly izmereniy shveynykh izdeliy dlya avtomatizirovannogo kontrolya kachestva. Svidetel'stvo o registratsii bazy dannykh 2020622292, 16.11.2020. Zayavka № 2020622191 ot 09.11.2020. / M. A. Guseva, YU.V. Rogozhina, E. G. Andreyeva, V. S. Belgorodskiy, T.G. Glebova.
5. Chalenko E.A., Murashova N.V. Osnovy khudozhestvennogo proyektirovaniya odezhdy dlya zanyatiy sportom. Monografiya. M.: RGU im. A.N.Kosygina, 2021. – 161 s.
6. Buzov B.A., Alymenkova N.D. Materialovedeniye v proizvodstve izdeliy legkoy promyshlennosti (shveynoye proizvodstvo): uchebnyk – 3 izd., M.: ITS «Akademiya», 2008. – 448 s.
7. Ofitsial'nyy sayt razrabotchika programmy Clo 3D [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.clo3d.com/quickstart>. – Data dostupa: 12.04.2020.
8. Chalenko E.A. Issledovaniye potrebitel'skikh predpochteniy pri vybore zhenskikh kostyumov dlya zanyatiy fitnesom //Kontseptsii, teoriya, metodiki fundamental'nykh i prikladnykh nauchnykh issledovaniy v oblasti inklyuzivnogo dizayna i tekhnologiy: sb. nauch. trudov mezhdunar. nauch.-prakt. zaoch. konf., Moskva, 2020. – S. 151–155.
9. Sayt firmy arkhitekтора Zaha Hadid [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.zaha-hadid.com/>. – Data dostupa: 21.03.2020.

Статья поступила в редакцию 27.09.2023.

Журнал «Contributor» для стилиста как область fashion-индустрии

А.В. Попова^а, Д.С. Павлючик

Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь

E-mail: sashka_20@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена поиску новых методов и применению особенностей верстки журнального издания «Contributor» для стилиста Виолы Замировской в контексте предложенной концепции. Авторами проведен анализ понятия журнала как вида полиграфической продукции, особенностей дизайна, верстки и общих правил проектирования журнальных изданий, конструкторско-технологических требований, применяемых при проектировании журнала, изучены тенденции современной типографики и графического дизайна, анализ аналогов модных журналов с целью разработки дизайна журнала для стилиста и адаптации для печати. В результате предпроектных исследований и проектных поисков сверстан журнал «Contributor», который предназначен для повышения узнаваемости стилиста, для информирования о подходе в работе с клиентами, в качестве подарка гостям на мероприятиях.

Ключевые слова: журнал, стилист, fashion-индустрии, верстка, фотографии.

Contributor Magazine for the Stylist as a Field of Fashion-Industry

A. Popova^a, D. Pavlyuchik

Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus

E-mail: sashka_20@mail.ru

Abstract. The article describes the search for new methods and the use of layout features for the magazine publication "Contributor" for the stylist Viola Zamirovskaya in the context of the proposed concept. The authors analyzed the concept of a magazine as a type of printed product, design features, layout and general rules for designing magazine publications, design and technological requirements used in the design of a magazine. The trends in modern typography and graphic design, analysis of analogues of fashion magazines were studied in order to develop a magazine design for a stylist and adapt the magazine for printing. As a result of pre-project research and design searches, the "Contributor" magazine was created, which is intended to increase the recognition of the stylist, to inform about the approach to working with clients, and to be used as a gift for guests at events.

Key words: magazine, stylist, fashion industry, layout, photos.

Актуальность проекта обусловлена появлением нового смысла печатного издания – создание красоты для поддержания личных ценностей. Если ранее журнал способствовал привлечению внимания к изданиям, то сегодня формируется направление для реализации внутренних потребностей человека. Это связано с переосмыслением ценностей, проявлением любви к себе, психологией. Люди снова возвращаются к семейным традициям, любви и поддержке, осуществлению желаемого. И одним из возможных желаний является верстка журнала. Журнал может быть сверстан в любом направлении деятельности человека, стиле и с различной подачей материала.

Цель проекта – анализ особенностей дизайна и

верстки журнальных изданий, изучение трендов современной типографики, анализ аналогов, разработка концепций дизайна журнала для стилиста Виолы Замировской, адаптация для печати.

Задача проекта – с применением новых методов верстки журнального издания повысить узнаваемость стилиста Виолы Замировской, увеличить клиентскую базу и доход, вывести специалиста на новый уровень в области моды.

Журнал является одним из средств подачи информации, отличающееся от газеты объемом, пространственно-композиционным решением, способом подачи информации. Переход на более высокий уровень полиграфии, увеличение объема за счет более

свободного пространственно-композиционного решения, привлечение большего количества иллюстративного материала, увеличение числа изданий для среднего класса, снижение тиражей научно-популярных и профессиональных изданий – все это является основными тенденциями развития журнальной периодики.

Журнальные издания о моде хорошо адаптируются по структуре и повествованию под единичные журналы для стилиста: знакомство с профессионалом, его ценности, опыт работы с клиентами, нюансы в деятельности, личная история приобретения профессии.

Одними из условий создания журнала является качественная база знаний специалиста, опыт, профессиональное предоставление услуг стилистом, положительные отзывы о работе, стабильная клиентская база. Вышеперечисленные требования являются основой для определения хорошего специалиста. Это говорит о следующей ступени профессионального роста. Для повышения узнаваемости стилиста в работу подключаются специалисты по рекламе. По желанию заказчика создаются рекламные носители. Это может быть реклама в СМИ или на типографских изделиях. В интернете, на телевидении, в печатных изданиях и других разновидностях СМИ широко используются такие способы передачи информации, как видеоролики с музыкальным и текстовым сопровождением. Они отличаются широким охватом аудитории без разделения их по каким-либо признакам и без адресации. Преимущество такого вида – высокая эмоциональность и запоминаемость. Типографским способом изготавливаются малые рекламные и рекламно-информационные формы на различном материале, которые выпускаются определенными тиражами и доводятся до индивидуального потребителя. Это могут быть журналы, каталоги, буклеты, листовки, календари, плакаты и постеры, пакеты с логотипом, фирменная одежда.

В разработке журнального издания для стилиста заложено функциональное и социальное назначение: повысить конкурентоспособность специалиста в fashion-индустрии на отечественном и зарубежном рынках, вывести существующий бренд на новый социальный уровень.

Журнальное издание построено на основе схем верстки известных модных журналов Elle, Harper's Bazaar, Contributor, Vogue. Журнал состоит из обложки, дублирующей обложки, содержания, пяти разделов и страницы с упоминанием брендов.

Журнал для стилиста характеризует себя как стильный уникальный продукт, экспериментирующий с сочетаниями оригинальных компонентов верстки. В профессиональной деятельности – это отличный способ познакомить будущего клиента со специалистом, его ценностями, рассказать о нюансах и опыте работе.

Основная идея заключается в том, чтобы создать

рекламную продукцию в модной нише для стилиста, с целью повышения его узнаваемости и расширения профессиональной деятельности.

Уникальное торговое предложение – эксклюзивное журнальное издание, посвящающее в новое понимание моды и стиля. Оно говорит о том, что журнальное издание эксклюзивно и не издается в большом тираже. Журнал получают как подарок после приобретения услуг, закрытых лекций от стилиста, участия в специальных конкурсах и розыгрышах. Данная продукция раскрывает видение стилистом современной моды, ответы на частые вопросы клиентов, повествует о приемах в стилистике.

Журнал «Contributor» является эксклюзивным изданием с ограниченным количеством экземпляров, каждый состоит из 99 страниц. Издание является популярным журналом. Он включает актуальные статьи, разбор популярных стилистических тем, рекламу брендов одежды и аксессуаров.

В переводе с английского языка «Contributor» – «постоянный сотрудник». Стилист является автором материала, на страницах располагаются ее фотографии и текст, издание реализовано для личного использования Виолы Замировской. Этот посыл отражен в названии журнала.

Структура издания несложная, выделено пять тематических разделов, для каждого внизу страницы помещен свой колонтитул, что облегчает поиск блока. Также есть содержание, которое находится сразу после разворота продублированной обложки. В журнале размещена реклама, которая выделяется синим цветом. Она может быть вписана в основной текст, либо вынесена рядом с фотографией, на которой представлен рекламируемый бренд.

Материалы, помещаемые в журнале, объединены темой стилистики. В издании достигнута целостность восприятия информации за счет правильной верстки, логичной компоновки текстовых и изобразительных блоков, простой речи и использования повторяющихся шаблонов.

«Contributor» предназначен для тех, кто увлекается модой, придает значение уникальности, имеет эстетическое видение мира, а также желает узнать о новых приемах комбинирования стильных образов, разобрать волнующие вопросы в этой нише и узнать о подходе в работе стилиста. Журнал благотворно влияет на вкус и видение прекрасного у читателей, несет в себе исключительно положительные эмоции, организует правильный полезный досуг, развивает эстетически чистые чувства. Современная аудитория нуждается в изданиях подобного вида.

Рынок журналов моды развит достаточно хорошо. Однако это крупные периодические издания мирового масштаба. Более локальные и мелкие издания развиты слабо. Конечно, существуют модные журналы, в которых размещаются интервью, стильные подборки, рекламные интеграции, но это журналы про множество людей. Представленный журнал

«Contributor» про одного человека, его работу и профессионализм. Весьма актуально издавать журнал, который благодаря своей тематической направленности вызовет интерес клиентов.

Информация представлена таким образом, чтобы складывалось ощущение диалога со стилистом. Этому способствует форма подачи материала, его краткость, четкость и лаконичность. Сопровождающие текстовые блоки фотографии поддерживают зрительный контакт, а также демонстрируют образы стилиста. Фотографий большое количество, так как большинство стильных приемов требуют наглядного изложения для лучшего понимания применения тренда. В рассматриваемом журнале иллюстрации выполняют три функции: информационную, эмоционально-психологическую и эстетическую.

Формат издания – 170×190 мм, приближен к квадрату, что способствует более цельному восприятию изложенного материала.

Для набора основного текста проектируемого издания был выбран кегль 9 пт, который лучше всего подходит для выбранного формата.

Проведенная работа по подбору тематической информации для журнала, ее иллюстрированию и художественному оформлению усиливает качественную подачу и восприятие материала. Проанализированы виды модных изданий высокого уровня, проведен анализ рынка журналов выбранной тематики. Определены основные тенденции в оформлении различных видов изданий. Рассчитана себестоимость журнала и приведены способы его распространения.

Журнал «Contributor» имеет практическую значимость, поскольку позволит клиентам углубиться в мир моды и стиля, использовать обретенные навыки на практике, специалистам даст возможность поделиться своими профессиональными умениями. Верстка журнала включает текстовую информацию и фотографии из Инстаграма Виолы Замировской.

Этапы проектирования журнального издания:

- анализ и сбор текстовой информации под постами;
- выделение разделов журнала и их расстановка;
- подбор фотографий по колориту;
- верстка журнального издания;
- организация шаблонов страниц;
- графическое дополнение.

На этапе анализа и сбора текстовой информации под постами изучен весь материал Инстаграма стилиста. Рассмотренные темы скомпонованы под общей тематикой. Выделялись такие категории постов, которые подходили под следующие рубрики: цитата, мысли, короткие фразы на английском языке, про стиль, сотрудничество с брендами, стильный советчик.

В результате мозгового штурма принято решение не вводить специальные рубрики, а выделить несколько разделов журнала.

Следующий этап способствует образованию основы журнала. С выделением разделов информация структурируется, появляется возможность расформировать выбранные посты в правильном порядке. Таким образом, улучшается ориентация на страницах журнала. Материал распределяется по шести разделам: персональный стиль, работа со стилистом, работа с клиентом, лайфстайл контент, стильный советчик, мысли вслух.

Подбор фотографий по колориту производится с учетом анализа визуальной составляющей, которая соответствует тексту под постом. Также учитывается эстетическое наполнение журнала в процессе верстки. Фотографии используются непосредственно из Инстаграм. Для скачивания выбран сервис Savefrom.net. Далее фотографии загружаются в сервис Upscale.medic, где с помощью искусственного интеллекта повышается их качество, а для уменьшения объема – Shrink.media. Таким образом, задействуется применение искусственного интеллекта в работе, что является одним из трендов настоящего времени.

Дизайн обложки выполнен в минимализме. Весь текст на обложке написан шрифтом Montserrat. В основе заложена монохромная фотография, название журнала «Contributor», начертание SemiBold, кегль 62 пт. Имя стилиста «Viola Zamirovskaya» и подпись «In Tune» выполнены латиницей, начертание Medium, кегль 24 пт и 16 пт соответственно. Под названием журнала начертанием Regular, кеглем 6 пт написана дата, где апрель – это месяц рождения Виолы, а 2023 – год создания журнала (рис. 1).



Рисунок 1 – Обложка журнала «Contributor»

Построение сетки на основных страницах выполнено в две колонки. Верстка заголовка произведена шрифтом Montserrat Bold, основного текста – Times New Roman Regular. Кегль основного текста составил 9 пт, заметок – 9 пт, колонэлементов – 9 пт, заголовка – 11 пт. Цвет текста черный. Колонэлементы находятся внизу страницы. Для дизайна

журнального издания использованы фэшн-кадры стилиста и декоративные элементы. Использование черных линий разной высоты и ширины является графическим дополнением, придает разворотам журнала оригинальности. Пробная печать формата 190×340 мм. Плотность бумаги основных страниц – 120 г/м², обложки – 350 г/м² (рис. 2).



Рисунок 2 – Разворот журнала «Contributor»

Составление шаблонов страниц зависит от количества фотографий в карусели поста. Их может быть одна, две, три, четыре. Используются самые подходящие по композиции, плану и уместности. Также на составление шаблона влияет объем текстового блока. Всего сформировалось десять основных шаблонов, которые комбинировались между собой для лучшего восприятия информации и разнообразия журнала. Также есть страницы, в основу которых заложен один из шаблонов, но с небольшими изменениями или дополнениями.

Текстовые блоки, фотографии, подписи, графическое дополнение – все компоненты вместе передают настроение стилиста, ее характер, такие личные качества, как уверенность, четкость, чувство вкуса, даже некоторая дерзость. Даже с помощью ре-

кламной продукции можно понять, подходят заказчик и профессионал друг другу, совпадает ли видение моды, насколько будет комфортной работа. Для большей актуальности журнала и его современности при верстке журнала применяются тенденции графического дизайна и типографики.

В издании достигнута целостность восприятия информации за счет правильной верстки, логичной компоновки текстовых и изобразительных блоков, простой речи и использования повторяющихся шаблонов.

Журнал «Contributor» позволит клиентам углубиться в мир моды и стиля, использовать обретенные навыки на практике, специалистам даст возможность поделиться своими профессиональными умениями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамович, Н. А. Актуальные тренды типографики / Н. А. Абрамович, А. С. Беляева // Материалы докладов 54-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов: в 2 т. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2021. – Т. 2. – С. 105–107
2. Абрамович, Н. А. Эстетические и технические особенности шрифта типа гротеск / Н. А. Абрамович,

Я. В. Гуныга // Тезисы докладов 55-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов / УО «ВГТУ». – Витебск, 2022. – С. 170–171

3. Кириллова, И. Л., Иллюстрации дизайн-макета детской книги / И. Л. Кириллова, Ю. Дударева / Актуальні проблеми сучасного дизайну. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції. У 2 томах. / Київський національний університет технологій та дизайну. – Київ, 2021. – С. 46–48

4. Копцова, В. А., Фирменный стиль как важнейший аспект современной бизнес-стратегии / В. А. Копцова, И. Л. Кириллова // Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК-2023): сб. материалов Национальной (с международным участием) молодежной научно-технической конференции / ИГПУ. – Иваново, 2023. – №1. – С. 677–679.

REFERENCE

1. Abramovich, N. A., Actual trends in typography / N. A. Abramovich, A. S. Belyaeva // Proceedings of the 54th International Scientific and Technical Conference of Teachers and Students: in 2 vol. / EE "VGTU". – Vitebsk, 2021. – VOL. 2. – P. 105–107.

2. Abramovich N. A., Aesthetic and technical features of the font type grotesque / N. A. Abramovich, J. V. Gunyaga // Abstracts of the 55th International Scientific and Technical Conference of Teachers and Students / EE "VGTU". – Vitebsk, 2022. – С. 170–171.

3. Kirillova, I. L., Illustrations of the design layout of a children's book / I.L. Kirillova, Y. Dudareva / Aktualni problemy suchasnogo designu. Proceedings of the IIIII International scientific-practical conference. In 2 volumes. / Kyiv National University of Technology and Design. – Kyiv, 2021, С. 46–48.

4. Koptsova V. A., Firm style as the most important aspect of the modern business strategy / V. A. Koptsova, I. L. Kirillova // Young scientists – development of the National Technological Initiative (POISK-2023): proceedings of the National (with international participation) youth scientific and technical conference / IGPU. – Ivanovo, 2023. – № 1. – С. 677–679.

SPISOK LITERATURY

1. Abramovich N. A., Aktual'nye trendy tipografiki / N. A. Abramovich, A. S. Beljaeva // Materialy dokladov 54-j Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii prepodavatelej i studentov: v 2 t. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2021. – Т. 2. – С. 105–107.

2. Abramovich N. A., Jesteticheskie i tehnicheckie osobennosti shrifta tipa grotesk / N. A. Abramovich, Ja. V. Gunjaga // Tezisy dokladov 55-j Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii prepodavatelej i studentov / УО «ВГТУ». – Витебск, 2022. – С. 170–171.

3. Kirillova I.L., Illjustracii dizajn-maketa detskoj knigi / I. L. Kirillova, Ju. Dudareva / Aktual'ni problemi suchasnogo dizajnu. Materiali III Mizhnarodnoї naukovо-praktichnoї konferencii. U 2 tomah. / Kiїvs'kij nacional'nij universitet tehnologij ta dizajnu. – Kiїv, 2021, s 46–48.

4. Koptcova V.A., Firmennyj stil' kak vazhnejshij aspekt sovremennoj biznes-strategii / V.A. Koptcova, I.L. Kirillova // Molodye uchenye – razvitiju Nacional'noj tehnologicheskoy iniciativy (POISK-2023): sb. materialov Nacional'noj (s mezhdunarodnym uchastiem) molodjozhnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii / IGPU. – Ivanovo, 2023. – №1. – С. 677–679.

Статья поступила в редакцию 27.09.2023.

О методах формирования устойчивой моды

Н.С. Захарчук^а, Л.В. Попковская

Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь

E-mail: *melopaque@gmail.com

Аннотация. Методология устойчивой моды заметно ворвалась в современную жизнь вместе с эмоциональным, виртуальным дизайном. Осознанный выбор продукции заставляет заботиться об окружающей среде, принимая во внимание приоритетность выбора направления «не навреди!», о чем свидетельствует креативно-проектная деятельность студентов Витебского государственного технологического университета. Результатом анализа является использование устойчивых модных тенденций для создания авторских коллекций одежды студентами с разным уровнем подготовки и навыков. Об эффективности процесса свидетельствуют высокие результаты учреждения высшего образования на профориентированных конкурсах и модных мероприятиях различного уровня.

Ключевые слова: имидж, креативно-проектная деятельность, устойчивая мода, экология, льняные материалы, одежда.

About Methods for Forming Sustainable Fashion

N. Zakharchuk^a, L. Popkovskaya

Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus

E-mail: *melopaque@gmail.com

Annotation. Sustainable fashion methodology has significantly burst into modern life along with emotional, virtual design. Conscious choice of products makes everyone care about the environment, taking into account the priority of choosing the direction "do no harm!". This is evidenced by the creative project activities of students of Vitebsk State Technological University. The result of the analysis is the use of sustainable fashion trends to create designer clothing collections by students with different levels of training and skills. The effectiveness of the process is evidenced by the high results of higher education institutions in career-oriented competitions and fashion events at various levels.

Key words: image, creative and design activities, sustainable fashion, ecology, linen materials, clothing.

Экологическая повестка XXI века требует ответственности всех направлений дизайна принципам и сегментам устойчивого развития. В поиске решения данного вопроса находится и fashion-индустрия, которая, в свою очередь, переформируется на репродукцию, которому подвергаются отходы различных видов. Студенты-дизайнеры ищут уникальность в иммерсивности – объектом желания становится и старый дедушкин свитер, воспоминания и чувства, которые с ним связаны.

Метод – совокупность теоретических принципов и практических приемов для достижения цели молодого дизайнера заявить о себе, способ систематизации учебного процесса. Методы формирования устойчивой моды находят свое проявление благодаря направлениям ресайклинга, даунсайклинга, апсайклинга, которые подразумевают объединение различных технических приемов переработки используемых материалов.

Задачи программы апсайклинга в рамках учебного процесса различны:

- заимствование первоисточника;
- видоизменение первоисточника (окрашивание, аппликация, кастомизация, вышивка);
- сохранение материальных затрат на этапе выполнения проекта;
- развитие навыков абстрактного мышления;
- ориентация на физиологическую оболочку тела;
- соблюдение существующих стилевых особенностей с учетом социокультурного наследия;
- преобразование и создание полезной вещи для окружающей среды;
- совершенствование конструкторско-технологических навыков и современных приемов обработки новых изделий;
- структурирование элементов формы костюма;
- комбинирование исходных материалов с современными структурами в условиях соблюдения композиции костюма.

Цикличность моды опирается на информативный

ход, где костюм выполняет семиотическую функцию. Являясь знаком коммуникативно-потребительского сегмента fashion-индустрии, перепроизводство используемых продуктов заставляет современных дизайнеров обратиться к винтажным моделям и аксессуарам, пересмотреть креативность создания образа в новом, повторном «цикле» метода апсайклинг. Переработка изделий предусматривает ряд приемов:

- разбор существующей специфики модели;
- стилистика изделий, достижение единства благодаря эклектике и диффузности;
- определение назначения и половозрастных характеристик;
- применение конструктивных расчетов при трансформации деталей кроя изделия;
- перенос деталей верха и низа, их взаимозависимость;
- самостоятельное определение ассортиментной группы (в условиях объединения различных видов ассортимента);
- применение авторских арт-технологий в дизайне костюма и текстиля;
- выполнение модели в материале;
- подбор аксессуаров в защиту образа;
- организация демонстрации новой модели одежды.

Эффективность процесса показывают высокие

результаты учреждения высшего образования на конкурсах и fashion-событиях республиканского и международного уровня [1].

Одним из практических примеров является выполнение креативного проекта в рамках дисциплины «Муляжирование» на 2 курсе специализации «Дизайн швейных изделий».

Главная особенность молодого креатора: работа в авторском направлении устойчивой моды «мода из бабушкиного сундука» – автор использует ткани старого образца, которые достались в наследство от его прабабушки. Данный тренд поддержали в социальных сетях, и теперь студент прикасается к истории многих семей. Что касается конструктивно-технологических особенностей, изделия авторской коллекции женской одежды SWEET LOOK выполнены на основе простых геометрических форм с минимальным количеством разрезов и максимальным количеством складок, в тандеме с актуальной техникой тай-дай. Автор коллекции лауреат II степени XXX Республиканского фестиваля-конкурса «Мельница моды», лауреат II степени VI Международного фестиваля дизайна «Красный проспект», а также удостоен звания «Лучший в креативности решения образа» и стал обладателем «Серебряной пуговицы» XXVI Международного конкурса «Сибирский кутюрье» (рис. 1) [2].



Рисунок 1 – Авторская коллекция женской одежды SWEET LOOK (дизайнер Никита Захарчук)

Тенденции моды не ограничивают дизайнера-модельера XXI века жесткими рамками. Современный креатор имеет собственный стиль, авторский почерк. Одним из актуальных направлений, соответствующих сегментации устойчивой моды, является трансформация мотивов комплекса народного костюма.

В данном вопросе перед молодыми модельерами стоят задачи создать современный образ, вдохновлённый народным костюмом, не получив в результате креативной деятельности сценический костюм для традиционных праздников. Коллекции по мотивам народного костюма представляют собой уникальный микс культурного наследия и street

style, аутентичности и актуальности, этники и футуризма, моды и искусства [3].

Комплекс белорусского народного костюма является огромным источником информации для формирования идей современного костюма. Он богат конструкторскими и технологическими находками, а многообразие национального орнамента позволяет создать современные трансформации и адаптировать их для печати в условиях современного производства изделий легкой промышленности.

Анализ состояния проектирования одежды на основе традиционного костюма показал, что интерес дизайнеров к данной категории индустрии определенно есть. Национальная мода с подиумов проникает

ет и в массы, примером может служить белорусский орнамент, так полюбившийся не только отечественному массовому потребителю. Проснулось желание людей знать свои корни, восстановить забытую родословную, защититься от эрозии души, потери духовности, утраты уверенности в завтрашнем дне. Работу, направленную на изучение и популяризацию традиционного белорусского костюма необходимо проводить ради сохранения памяти о культурном наследии, при этом сохраняя преемственность поколений, а также в целях активного использования полученных знаний в сфере современного дизайна одежды. Трансформация мотивов народного костюма ставит перед собой задачу не терять национальный колорит источника, а это может только человек, который хорошо знает традиции. Одним из приме-

ров является авторская коллекция женской одежды «Герлы». Студент Витебского государственного технологического университета, дизайнер Никита Захарчук в своих проектах трансформирует крой народного костюма, не прибегая к использованию орнаментальных структур и колорита. Автор показывает современное прочтение геометрического кроя, используя инструмент совмещения различной ритмики [4].

На рисунке 2 представлены модели из коллекции женской одежды «Герлы», спроектированные на основе круга. Из остатков кроя выполнены методом муляжирования: авторская модель брюк, галантейные изделия и аксессуары. В качестве материала использован 100 % лён, что придало изделиям еще больший национальный колорит.

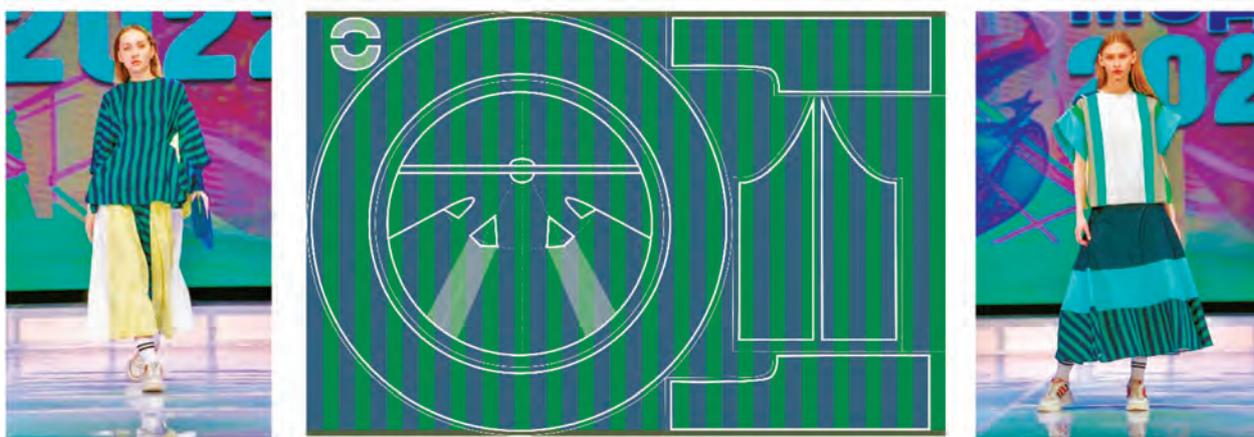


Рисунок 2 – Изделия из коллекции «Герлы» (дизайнер Никита Захарчук)

Никита Захарчук за авторскую коллекцию женской одежды получил диплом II степени на XXXI Республиканском фестивале-конкурсе моды и фото «Мельница моды», награжден дипломом-спецпризом «За высокий уровень профессионализма в студенчестве» на VII Международном фестивале дизайна «Красный проспект» и стал победителем (лауреат диплома I степени) XXVII Международного конкурса дизайнеров «Сибирский кутюрье», отмечен жюри конкурса номинацией «За сохранение национальных традиций» и стал обладателем символической награды конкурса «Серебряной пуговицей».

Продолжая тематику внедрения в учебный процесс методологии устойчивой моды, необходимо отметить реализацию студентами факультета дизайна внутривузовского стартап-проекта «Разработка имиджевой коллекции с элементами направления sustainable fashion. РУПТП «Оршанский льнокомбинат» предоставил безвозмездную помощь в виде льняных тканей жаккардовых и гладкокрашенных структурных поверхностей. Возможность использования натурального сырья актуализирует данный проект с точки зрения понятия устойчивой моды. Практическая значимость креативного проекта – в рамках работы

с предприятием РУПТП «Оршанский льнокомбинат» студентами 4 курса выполнена коллекция «Альянс», как отчетный показатель университетского стартапа. Проект представляет собой симбиоз культурных направлений Востока и Запада. В созданных моделях это сочетание прочитывается благодаря образности молодежных комплектов одежды и неординарности внешнего вида. В «Альянсе» присутствует ахроматическое сочетание более спокойных оттенков серого и белого с акцентированием фиолетовых и охристых тонов. Растительные и геометричные орнаменты сохраняют свою актуальность. Современные и исторические мотивы двух культур удивительным образом соприкасаются между собой.

Главный признак коллекции – асимметрия кроя основных деталей каждой модели созвучная симметрии сдержанных силуэтных форм. Введение одного из лидирующих элементов конструктивно-декоративного характера такого как крупные складки является определенной новизной проекта. При этом ассортимент многообразен – летнее пальто, жилеты, жакеты, комбинезон, брюки, юбки. Структурная составляющая используемых тканей повлияла на совокупность признаков промышленных изделий из льна, способствующих единству концептуального

решения развития коллекции.

Проект дебютировал на Международном фестивале «Свята лёну. Роднае моднае» и стал элементом продвижения имиджа бренда VSTU by Vitebsk State University of Technology на мероприятиях

различного уровня. По результатам фестиваля студенты специальности «Дизайн костюма и тканей» награждены сертификатами «За развитие льняной отрасли и продвижение бренда «Белорусский лён» (рис. 3) [5].



Рисунок 3 – Фрагмент коллекции «Альянс» бренда VSTU by Vitebsk State University of Technology

Иллюстрируя отношения между процессом обучения и приобретением практических навыков можно затронуть вопрос о сотрудничестве студентов ВГТУ с предприятиями легкой промышленности.

Индустрия моды, как один из критериев инновационной политики Республики Беларусь, включена в число приоритетных направлений. На протяжении последних лет наблюдается уход крупных зарубежных компаний и брендов, что повлияло на потребительский спрос отечественной продукции. Перед ведущими предприятиями концерна «Беллегпром» поставлена задача по удовлетворению и привлечению отдельных групп потребителей, ранее отдающих предпочтение зарубежному масс-маркету.

Руководство некоторых предприятий легкой промышленности Республики Беларусь определили для себя возможность привлечения молодых дизайнеров, что соответствует понятию коллаборация. Как процесс совместной деятельности, преследует достижение общих целей, направленных на получение практического опыта проектирования коллекции в рамках предприятия. Данный вид дизайна в моде – это совместная разработка продукта или линейки продуктов под маркой выпускающего бренда с использованием имени влиятельной личности в кругу потенциальных потребителей швейной продукции. Привлеченный специалист выполняет функцию идейного вдохновителя, творческой составляющей. Техническая и финансовая стороны вопроса, а также реализация идеи остаются за выпускающим предприятием, заказчиком услуг имиджевого лица коллаборации [6]. Раскрытию этой темы способствовал РУПТП «Оршанский льнокомбинат», заключивший с УО «ВГТУ» договор на выполнение научно-исследовательской работы по теме

«Разработка инновационных технологий проектирования коллекции демисезонной молодежной одежды из льносодержащих отечественных материалов».

В разработку дизайнерского проекта включены следующие этапы:

- создание эскизного решения моделей;
- подбор материалов;
- разработка конструкций основ изделий, включенных в коллекцию;
- подбор технологического процесса с учетом свойств материалов различной структуры и назначения;
- выполнение изделий в материале;
- демонстрационная часть проекта;
- коммерциализация проекта.

Льняные и котонизированные материалы из ассортимента предприятия-изготовителя легли в основу 32 проектируемых изделий, коллекция на 95 % состоит из льносодержащих материалов различной структуры и назначения, среди них ткань с эффектом мягости и умягчения, с трикотажным эффектом, ткань сорочечная и декоративная интерьерного назначения. Предприятие уделяет особое внимание ассортименту мужской межсезонной одежды, о необходимости которой заявлено руководством в техническом задании. Методы конструирования и способы обработки изделий мужской одежды позволили добиться совершенства внешнего вида, что наилучшим образом воздействует на покупателя. Цветовая гамма, свежесть и оригинальность, с точки зрения мировых трендов, характеризует новизну коллекции, включающей 8 комплектов повседневного назначения [7].

Результативность проекта – коллекция мужской одежды для молодежи, представленная в номинации «Авторская коллекция» на Международном фести-

вале «Свята льну. Роднае моднае». За креативность проекта и смелость цветового решения коллекция приглашена к участию в Международном фестивале-конкурсе «Льняная палитра», который проходил в городе Плѣс (Российская Федерация, Ивановская

область) в июле 2023 года. По результатам фестиваля-конкурса авторская коллекция мужской одежды из льна для молодежи YOUNGSTERS стала победителем и награждена почетным знаком «Серебряный феникс» (рис. 4).



Рисунок 4 – Фрагмент коллекции «Альянс» бренда VSTU by Vitebsk State University of Technology

Коллекция мужской одежды из льна для молодежи является результатом мыслительной, аналитической деятельности, как возможность преобразования современного мира в тенденциях устойчивой моды: воздействия на окружающий мир, сохранения национальных традиций и культурного наследия Беларуси, развитие молодежной политики в рамках экономического прогресса [7].

Популяризация сегментов устойчивой моды и

методов ее формирования позволяет привлечь внимание со стороны абитуриентов. Проектные работы актуальны с точки зрения исследования способов, позволяющих жить в условиях устойчивой моды. Отказ от традиционно иерархического взгляда на создание современного костюма позволяет по-новому формировать визуальность первичного объекта и максимизировать исходные признаки эмоционального и духовного наследия [8].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попковская, Л. В. Методология устойчивой моды / Л. В. Попковская, Н. С. Захарчук // Молодежь. Наука. Творчество : материалы XX Всероссийской научно-технической конференции, Омск, 15–17 ноября 2022 года / ОмГТУ. – Омск, 2023. – С. 158–161.
2. Попковская, Л. В. Проектирование одежды на конкурсной основе / Л. В. Попковская, Н. С. Захарчук // Материалы докладов 54-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов : в 2 т. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2021. – Т. 2. – С. 72–74.
3. Минин, С. Н. Народный костюм как источник вдохновения молодых дизайнеров / С. Н. Минин, Н. С. Захарчук // Материалы докладов 54-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов : в 2 т. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2021. – Т. 2. – С. 107–110.
4. Захарчук, Н. С. Стилизация мотивов народного костюма Беларуси как критерий успеха молодого дизайнера / Н. С. Захарчук, С. Н. Минин, Л. В. Попковская // Материалы докладов 55-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов : в 2 т. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2022. – Т. 2. – С. 61–63.
5. Попковская, Л. В. Разработка имиджевой коллекции с элементами направления "sustainable fashion" / Л. В. Попковская, Н. С. Захарчук // Материалы докладов 56-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов : в 2 т. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2023. – Т. 2. – С. 86–89.
6. Попковская, Л. В. Переработка отходов промышленного кроя в продукт моды / Л. В. Попковская, Н. С. Захарчук, С. Н. Вичева // Материалы и технологии. – 2021. – № 2 (8). – С. 59–66.
7. Захарчук, Н. С. Коллекция мужской одежды из льна для молодежи / Н. С. Захарчук, Л. В. Попковская // Национальная (с международным участием) молодежная научно-техническая конференция «Молодые ученые – развитию национальной технологической инициативы» (Поиск-2023) : сборник материалов, 24–27 апреля 2023 года / ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет». –

Иваново, 2023. – С. 668–670.

8. Попковская, Л. В. Анализ сегментирования устойчивой моды / Л. В. Попковская, Н. С. Захарчук // *Материалы докладов 55-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов* : в 2 т. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2022. – Т. 2. – С. 58–60.

REFERENCE

1. Methodology of sustainable fashion / L.V. Popkovskaya, N.S. Zakharchuk In the collection: Youth. The science. Creation. Materials of the XX All-Russian Scientific and Practical Conference. Omsk, 2023. – pp. 158–161.
2. Designing clothing on a competitive basis / L.V. Popkovskaya, N.S. Zakharchuk – Materials of reports of the 54th international scientific and technical conference of teachers and students of the educational institution "VSTU", 2021. – pp. 72–74.
3. Folk costume as a source of inspiration for young designers / S.N. Minin, N.S. Zakharchuk/ In the collection: Materials of reports of the 54th International Scientific and Technical Conference of Teachers and Students. Materials of conference reports. In 2 volumes. Vitebsk, 2021. – pp. 107–110.
4. Stylization of Belarusian folk costume motifs as a criterion for the success of a young designer / Zakharchuk N.S., Minin S.N., Popkovskaya L.V. In the collection: Materials of reports of the 55th International Scientific and Technical Conference of Teachers and Students. Materials of conference reports. In 2 volumes. Volume 2. Vitebsk, 2022. – pp. 61–63.
5. Development of an image collection with elements of the “sustainable fashion” direction / L.V. Popkovskaya, N.S. Zakharchuk – In the collection: Materials of reports of the 56th international scientific and technical conference of teachers and students. in 2 volumes. Vitebsk, 2023. – pp. 86–89.
6. Processing waste from industrial cutting into a fashion product / L.V. Popkovskaya, N.S. Zakharchuk, Vicheva S.N. – Materials and technologies. 2021. No. 2 (8). – pp. 59–66.
7. Collection of men's linen clothing for youth / N.S. Zakharchuk, L.V. Popkovskaya. Young scientists – development of the National Technology Initiative (SEARCH). –2023. –No. 1. –P. 668–670.
8. Analysis of sustainable fashion segmentation / L.V. Popkovskaya, N.S. Zakharchuk – In the collection: Materials of reports of the 55th international scientific and technical conference of teachers and students. in 2 volumes. Vitebsk, 2022. – pp. 58–60.

SPISOK LITERATURY

1. Metodologiya ustoychivoy mody / L.V. Popkovskaya, N.S. Zakharchuk. V sbornike: Molodezh'. Nauka. Tvorchestvo. Materialy XX Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Omsk, 2023. – S. 158–161.
2. Proyektirovaniye odezhdy na konkursnoy osnove / L.V. Popkovskaya, N.S. Zakharchuk. – Materialy dokladov 54-y mezhhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii prepodavateley i studentov UO «VGTU», 2021. – S. 72–74.
3. Narodnyy kostyum kak istochnik vdokhnoveniya molodykh dizaynerov/ S.N. Minin, N.S. Zakharchuk / V sbornike: Materialy dokladov 54-y Mezhhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii prepodavateley i studentov. Materialy dokladov konferentsii. V 2-kh tomakh. Vitebsk, 2021. – S. 107–110.
4. Stilizatsiya motivov belorusskogo narodnogo kostyuma kak kriteriy uspekha molodogo dizaynera / Zakharchuk N.S., Minin S.N., Popkovskaya L.V. V sbornike: Materialy dokladov 55-y Mezhhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii prepodavateley i studentov. Materialy dokladov konferentsii. V 2-kh tomakh. Tom 2. Vitebsk, 2022. – S. 61–63.
5. Razrabotka imidzhevoy kollektzii s elementami napravleniya «sustainable fashion» / L.V. Popkovskaya, N.S. Zakharchuk. – V sbornike: Materialy dokladov 56-y mezhhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii prepodavateley i studentov. v 2 t. Vitebsk, 2023. – S. 86–89.
6. Pererabotka otkhodov promyshlennogo kroya v produkt mody / L.V. Popkovskaya, N.S. Zakharchuk, S.N. Vicheva. – Materialy i tekhnologii. 2021. № 2 (8). – S. 59–66.
7. Kolleksiya muzhskoy odezhdy iz l'na dlya molodezhi / N.S. Zakharchuk, L.V. Popkovskaya. Molodyye uchenyye - razvitiyu Natsional'noy tekhnologicheskoy initsiativy (POISK). 2023. № 1. – S. 668–670.
8. Analiz segmentirovaniya ustoychivoy mody / L.V. Popkovskaya, N.S. Zakharchuk. – V sbornike: Materialy dokladov 55-y mezhhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii prepodavateley i studentov. v 2 t. Vitebsk, – 2022. – S. 58–60

Статья поступила в редакцию 27.09.2023.

Применение информационных технологий на этапах эскизного и технического проектирования обуви

О.В. Синева, Ю.С. Конарева, С.В. Казакова
Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство), Российская Федерация

Реферат. В статье представлены этапы дизайн-моделирования коллекции женских полуботинок спортивного стиля с использованием метода аналогии. В работе выполнен 3Д эскизный проект и рассмотрены этапы графического 2Д проектирования коллекции. Повседневные изделия легкой промышленности, в частности обувь, которую человек носит ежедневно, является базовым и необходимым центром для создания условий комфортного существования человека и его эстетического удовлетворения, а также для ответа обществу о позиционировании своих предпочтений и собственного представления индивида в обществе. Согласно течениям моды в современной женской обуви наблюдается приверженность ко все большему использованию натуральных текстур и природных фактур материалов. Представленная коллекция сориентирована на тренд «утонченный спорт», объединяет в себе конструктивные элементы спортивной обуви, комфорт внутриобувного пространства, сочетающиеся с легкостью и элегантностью. Цветовая палитра выбирается, опираясь на прогнозируемые модные оттенки. В соответствии с трендами на материалы выбор остановился на замше и текстильных материалах природной текстуры, кожаных вставных элементах. По конструкции обувь проектируется с членением основных деталей на составные, для придания нужного устремленного вперед, как бы летящего силуэта моделей. В качестве стилистического решения для создаваемой коллекции выбран спортивный стиль с элементами женственности и элегантности. Такой стиль поможет привнести в повседневную обувь элементы современного дизайна, не пренебрегая удобством, что очень важно при ежедневной носке. А сочетание различных текстур, материалов и цветов придадут уникальный внешний вид обуви. Конструктивные особенности формообразования деталей обуви методом аналогии на принципах бионического подхода дают возможность бесконечного балансирования между искусственной и естественной формой, определяют новые условия промышленного производства изделий легкой промышленности. Разрабатывая концепцию коллекции, принято решение создать обувь на основе «одушевленного» дизайна, стремлении идентификации искусственных и естественных оболочек, разработке конструкции определенного стиля и дизайна новых вариаций обуви аналогичных по своим параметрам природным объектам. Для достижения качественного результата особое внимание при конструировании моделей обуви важно уделить грамотному моделированию. Для чего постоянно совершенствуются системы автоматизированного проектирования обуви и аксессуаров. Пристальное внимание и постоянное развитие методов проектирования и современного оборудования помогают воплощать разнообразные творческие идеи конструкторов и существенно улучшать процесс конструирования. Эти факторы качественно повышают результат труда при создании изделий легкой промышленности.

Ключевые слова: обувь, дизайн, проект, моделирование, коллекция, трансформация бионических принципов, эскизное и техническое проектирование, информационные технологии, спортивный стиль.

Application of Information Technologies at the Stages of Sketch and Technical Design of Footwear

O. Sineva, Y. Konareva, S. Kazakova
Russian State University named after A. N. Kosygin (Technology. Design. Art), Russian Federation

Abstract. The article presents the stages of design modeling of a collection of women's sports low shoes using the analogy method. The work presents a 3D preliminary design and stages of 2D graphic design of the collection. Daily products of light industry, in particular shoes, which a person wears every day, is a basic and necessary center for creating conditions of comfortable human existence and aesthetic satisfaction, as well as for answering to the society about positioning their preferences and their own representation of the individual in society. According to

fashion trends in modern women's footwear there is a commitment to the increasing use of natural textures of materials. The presented collection is focused on the “refined sport” trend, combining the design elements of sports shoes, the comfort of the shoe space, lightness and elegance. The color palette is chosen based on predicted fashion shades. In accordance with trends in materials, the choice settled on suede and textile materials with a natural texture and leather details. By design, shoes are created by dividing the main parts into components to give the desired forward-looking, flying silhouette of the models. As a stylistic solution for the created collection, a sports style with elements of femininity and elegance was chosen. This style can bring elements of modern design into everyday shoes without reducing comfort, which is very important for daily wear. And the combination of different textures, materials and colors will give the shoes a unique look. The design features of the shaping of shoe parts by the method of analogy, based on the principles of the bionic approach, make it possible to create a balance between artificial and natural forms, and determine new conditions for the production of light industry products. When developing the concept of the collection, it was decided to create shoes based on “animate” design, the desire to identify artificial and natural shells, develop a design of a certain style and create new variations of shoes similar in their parameters to natural objects. To achieve a high-quality result it is important to pay special attention to proper modeling when designing shoe models. For this purpose computer-aided design systems for shoes and accessories are constantly being improved. Close attention and constant development of design methods and modern equipment help to embody a variety of creative ideas of designers and significantly improve the design process. These factors qualitatively increase the result of labor when creating light industry products.

Key words: footwear, design, project, modeling, collection, transformation of bionic principles, conceptual and technical design, information technology, sports style.

В социальных трендах последних лет четко прослеживается безоговорочное стремление к здоровому образу жизни. Все больше людей задумываются о состоянии своего здоровья и факторов, на него влияющих, отдают предпочтение комфорту и эргономике приобретенных товаров ежедневного пользования.

В связи с этим, обувная индустрия не может игнорировать данную ситуацию на рынке, и отходит от классического стиля кежуал в сторону спортивного при проектировании новых моделей. Модели спортивного стиля заполняют большой сегмент продукции, создаются отдельные тематические капсулы, увеличивается количество коллекций спортивного дизайна. Обувь со спортивными элементами присутствует в ассортименте некоторых марок уже более семи лет [1].

Ожидаемо элегантная классика приобретает более заряженный спортивный вид, с материалами и деталями, взятыми из прошлого, но переосмысленными с использованием технологичных тканей и более современных форм и инновациями настоящего. В основе новых дизайнерских идей лежит чувство ценности своего комфорта и здоровья, чувства скорости и движения, но вместе с ней и связь с историей [2].

Также при анализе трендов на будущий сезон, важно опираться на прогнозируемые модные цвета предстоящих сезонов, которые являются наиболее используемыми составляющими прогнозов коммерческих трендов в моде.

Главным цветом сезона Pantone выбран глубокий малиновый: яркий природный оттенок, наполненный энергией и притягивающий взгляды. В данном оттенке сочетаются элегантность, дерзость и воодушевление, а равновесие между холодным и теплым подтоном придает уникальность. Красный цвет, а конкретно Aurora Red и Fiery Red появились в трен-

дах на предстоящий сезон [3]. Огненные оттенки красного придают благородства образам и создают необходимую контрастность. Ключевые оттенки розового, демонстрирующие новые отношения с природой, а также яркие цвета, насыщенный оранжевый, сочетающий в себе тепло солнца и императорского желтого – являются главными прогнозируемыми трендами в текущем и будущем году.

Поиск новых технических решений основывается на использовании системного подхода, при создании коллекций возможно объединение нескольких принципов, по которым строится ее общая концепция. Формы и цветовая палитра, созданные природой, – не только материал для творчества, но и постоянная художественная мастерская. Роль природных образов и форм в дизайне продукции легкой промышленности в настоящее время нельзя недооценивать. Во всех предметах культурного наследия и быта можно проследить связь с природными образами, вывод о том, что человек на протяжении веков вдохновлялся природными явлениями и дарами, напрашивается сам [4]. Художественные картины, скульптуры, архитектурные сооружения, предметы прикладного искусства отражают неразрывную связь создателя с источником вдохновения – природой. В дизайне и конструкциях обуви трансформация бионических принципов возникла относительно недавно, только в современных работах дизайнеров можно наблюдать это явление [5–7]. Конечно, нельзя отрицать стиль «модерн», появившейся в конце 19 века, который характеризуется плавностью линий, изгибов в формах и силуэтов.

В данное время, дизайнеры и конструкторы обладают широкой возможностью воплощать свои идеи, благодаря техническому прогрессу. Сегодня необходимо популяризировать бионическую взаимосвязь,

чтобы не забывать красот природы, а следовательно, понимать о том, что природу нужно сохранять и экологично относиться на всех этапах производства и использования [8, 9].

Предметом вдохновения для коллекции женской обуви послужила гора Дэнксия, находящаяся рядом с рекой Йинь, в 50 километрах к северо-востоку от города Шаогуань, и занимающая площадь более 280 км² [10]. Её называют «Красным каменным парком Китая». «Дэнксия» означает «красные лучи солнца» в переводе с китайского. Горные ландшафты Дэнксия – уникальный геологический феномен, расположенный на юго-востоке Китая. Красочные холмы, сформированные из красного песчаника, напоминают совершенную живопись, созданную самой природой. Цвета геологического парка, от алого до небесно-голубого, похожи на разлитую по возвышенностям палитру красок. Такое природное явление – результат движения земной коры, выветривания и эрозии, происходивших в течение миллионов лет. Формы рельефа и горных пород, различные по цвету, текстуре и размерам, создают особенные ландшафты со множеством пещер, гротов, оврагов и долин, а также природных колонн и башен. Фактура, цветовая гамма, объёмные формы настолько поражают и вдохновляют, что было принято решение создать коллекцию обуви, стилистически опирающуюся на данное природное явление. Концепция направлена на то, чтобы создать кроссовки для потребителя, ведущего активный образ жизни. Все изгибы гор, резкие подъемы и спуски, можно преодолеть только в обуви, обладающей технологическими характеристиками, способной изгибаться, выдерживать долгое в ней нахождение, не доставляющей дискомфорта потребителю. Скорость, движение, захватывающие дух, все больше проникают в повседневную жизнь человека.

Сейчас все больше людей занимаются спортом, предпочитают активные виды отдыха, туризм. Обувь спортивного стиля можно разделить на две категории: для повседневной носки и профессиональную для занятий спортом.

Повседневная обувь спортивного стиля характеризуется многофункциональностью – она успешно мигрировала в будничные гардероб, востребована потребителем, который ведет активный образ и хочет ощущать комфорт в обыденной жизни. Обувь спортивного стиля может быть разных типов: кроссовки, кеды и пр. Такая обувь имеет удобную подошву и другие конструктивные особенности, как у профессиональной: сетчатый материал для обеспечения хорошей вентиляции, систему амортизации, поддерживающие элементы и т. д. [11, 12]. Таким образом, развитие спортивного образа жизни нельзя игнорировать производителям продукции легкой промышленности, особенно в обувной отрасли.

При разработке конструктивных решений обуви спортивного стиля необходимо задумываться не

только о функциональных показателях, обеспечивающих комфорт во время носки, но и об эстетическом замысле.

Целью данной работы является разработка коллекции женских кроссовок, объединяющих эстетический образ и эргономичность конструкции. Концепция коллекции кроссовок направлена на то, чтобы создать многофункциональную обувь, способную обеспечивать потребителей необходимыми функциями, как при активных нагрузках, так и в повседневной носке, а также добиться единства эстетической оболочки и эргономической наполненности.

Для лучшего представления будущей коллекции, визуального формирования эстетической направленности и проработки идей коллекции на этапе проектирования создается мудборд. Это доска изображений с текстурами, элементами типографики, цветовой палитрой и, если необходимо, цитатами. Все элементы размещаются в виде коллажа на одном поле. Мудборд помогает определиться со стилем и направлением, выбрать нужное и отсеять лишнее. Собрав воедино несколько визуальных образов, дизайнер создает новый проект. Таким образом, дизайн-мудборд имеет и эстетическое и практическое значение (рис. 1).

На этапе эскизного проектирования для лучшего визуального представления коллекции проведена

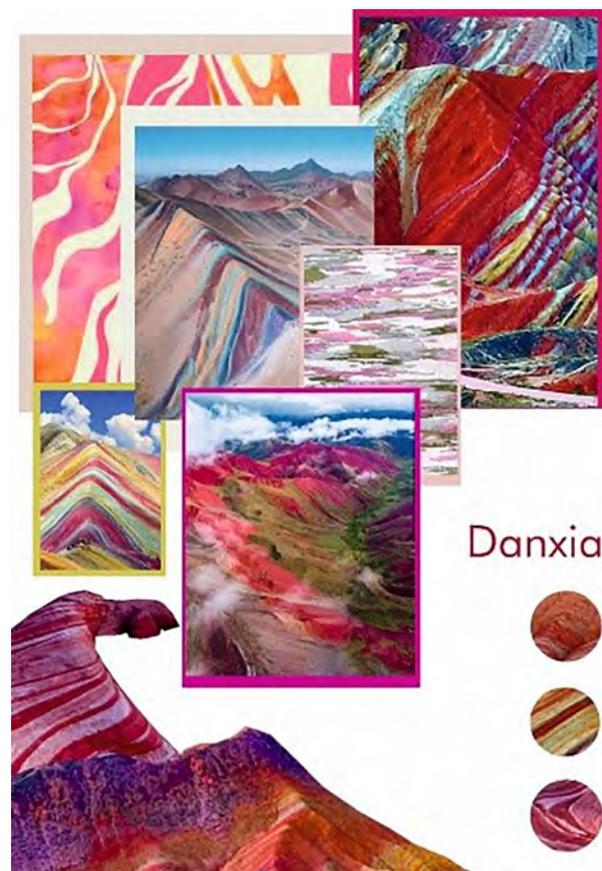


Рисунок 1 – Moodboard для разработки коллекции «Дэнксия»

работа по поиску формообразования деталей верха обуви и цветового сочетания деталей. На данном этапе также использовался анализ моделей-аналогов, учтены их преимущества и недостатки. В графическом редакторе Adobe Illustrator разработаны 3Д

эскизы моделей женской обуви спортивного стиля с учетом предусмотренных материалов, цветовых сочетаний и соотношения размеров. Все модели объединены общей идеей и несут в себе то самое ощущение удивительной китайской горы Дэнксия (рис. 2).



Рисунок 2 – Графическое 3Д-изображение моделей женской обуви для поиска наилучшего сочетания деталей и цветов

Среди визуального ряда моделей, проработанных детально с точки зрения композиции линий и гармонии цвета, в соответствии с творческим источником коллекции, мудбордом и цветовой гаммой, выбраны модели для дальнейшего анализа и проработки. Для осуществления выбора оптимальных моделей обуви на основе графических изображений использован экспертный метод оценки – получение оценки на основе мнения специалистов (экспертов) с целью последующего принятия решения. По результатам экспертизы осуществлен выбор лучших моделей, для которых будет разработана конструкторско-технологическая документация, используемая при изготовлении коллекции в материале.

Коллекция «Дэнксия» состоит из трех пар обуви – полуботинки женские спортивного стиля весенне-осеннего сезона носки. Направленность и плавность линий, соразмерность элементов и гармония оттенков делает три модели одним целым, но вместе с тем каждая модель остается индивидуальной, обладает своим характером, оставляет соб-

ственное впечатление. Дизайн моделей отличается количеством конкретного цвета в каждой из них, степенью раздробленности объемов, но все они являются частью целого.

На всем этапе разработки коллекции важен процесс вдохновения, играющий важную роль в представлении коллекции. Именно на этом этапе рожденная идея превращается в мысль, задумку, а далее материализуется посредством графического изображения, руками дизайнера. Именно первоначальная идея проходит весь путь разработки обуви и должна быть ясно видна на финальном этапе работы.

В каждой модели коллекции «Дэнксия» учтены тренды настоящего и предстоящего года, их формы и цвета соответствуют тенденциям и отражают главную идею коллекции и удовлетворяют основополагающим качества обуви – обладают высокими качественными характеристиками комплектующих, комфортом внутриобувного пространства и эргономичны в носке.

Проектируемые изделия предназначены для жен-

щин, ведущих активный образ жизни, предпочитающие удобство и комфорт, но и ценящие эстетические качества обуви, для ярких и смелых представительниц женского пола, не боящихся экспериментов и любящих эстетически выделяться. Кроссовки со средней полнотой, комфортной стелькой смогут обеспечить долгое в них пребывание, как на работе, так и на прогулках, а уникальный яркий дизайн привнесет красок в ежедневную будничную рутину и удивит своей индивидуальностью.

Модели обладают высоким уровнем комфорта при носке, не вызывают неудобства и идеально подойдут под свою целевую аудиторию.

При разработке технического проекта конструкторская документация является обязательной, чтобы реализовать изделие в материале. На примере одной модели рассмотрим последовательность разработки

технической документации с применением информационных технологий. Исходными данными служат технический эскиз (рис. 3) и конструктивно-технологическая характеристика модели обуви:

Вид – полуботинки спортивного стиля

Род – женский

Назначение – повседневная

Конструктивные особенности – настрочная союзка

Высота приподнятости пяточной части – 25 мм

Метод крепления – клеевой

Фасон колодки – 8102

Материал верха – текстиль, замша, кожа

Материал и конструкция подошвы – подошва ТЭП без каблука

ГОСТ на обувь – 26167-2005. Обувь повседневная. Общие технические условия.

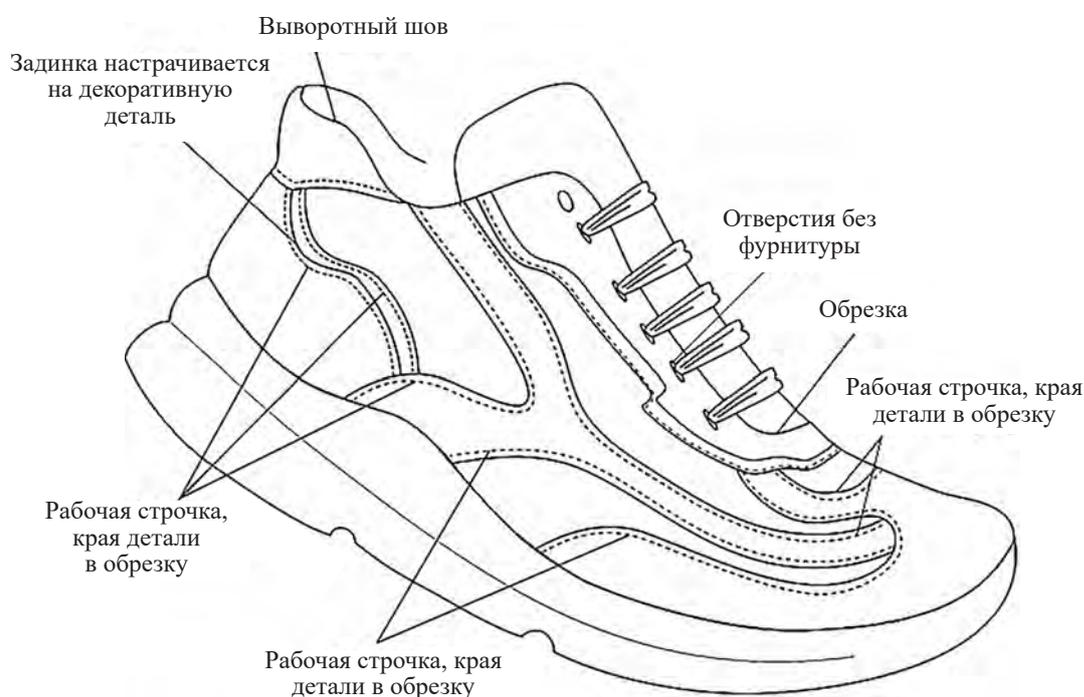


Рисунок 3 – Технический эскиз разрабатываемой модели обуви

Технический эскиз – графический документ, содержащий изображение разрабатываемого изделия, его узлов и деталей, необходимые для его изготовления и контроля. Разрабатывается с четким обозначением строчек, фурнитуры и пояснением требований к проектируемой модели, выполнен в графическом редакторе для работы с векторными изображениями CorelDraw.

После подбора колодки необходимо определить с методикой проектирования. Наиболее широко используются методика проектирования обуви итальянской школы «Ars Sutoria» и графо-копировальная, разработанная Ю.П. Зыбиным и в дальнейшем усовершенствованная Общесоюзным домом моделей обуви. Итальянская методика позволя-

ет получить условную развертку боковой поверхности колодки совместно с нанесением на нее конструктивных линий модели согласно эскизу. Производится корректировка контуров и размеров деталей относительно контрольных точек и линий, а также расчет припусков под строчку и затяжку, учитывая толщину и деформацию деталей непосредственно на чертеже.

Вариант копировально-графической системы моделирования по эскизу заключается в нанесении рисунка модели на колодку, переносе его на шаблон УРК с кальки, а затем на чертеж. Далее совершается корректировка контуров и размеров деталей относительно контрольных и базисных линий [13].

В настоящее время широкое распространение получили автоматизированные системы проектирования, позволяющие автоматизировать практически всю цепочку конструирования обуви. Процесс автоматизированного проектирования верха обуви выполняется в специализированной программе АСКО-2Д и представлен на рисунке 4.

При работе с деталями верха использовались постоянные припуски на сострачивание деталей – 8 мм, на обработку края в загибку – 5 мм, по линии верхнего канта под выворотный шов – 1,5 мм. По линии затяжной кромки строится переменный

припуск 15–19 мм.

Для построения подкладки (рис. 5) за основу следует взять грунт-модель верха. Подкладка состоит из деталей подкладки под союзку, подкладки под берцы и кожармана. На этапе построения подкладки необходимо также учесть, что по заднему шву подкладка имеет припуск в 1–1,5 мм. Для построения кожармана требуется провести его ось, которая обычно отстоит от линии пяточного закругления на 5–9 мм. Затяжная кромка подкладки короче верха в области носка на 3 мм, в пучках – на 5 мм, а в пятке – на 7 мм.

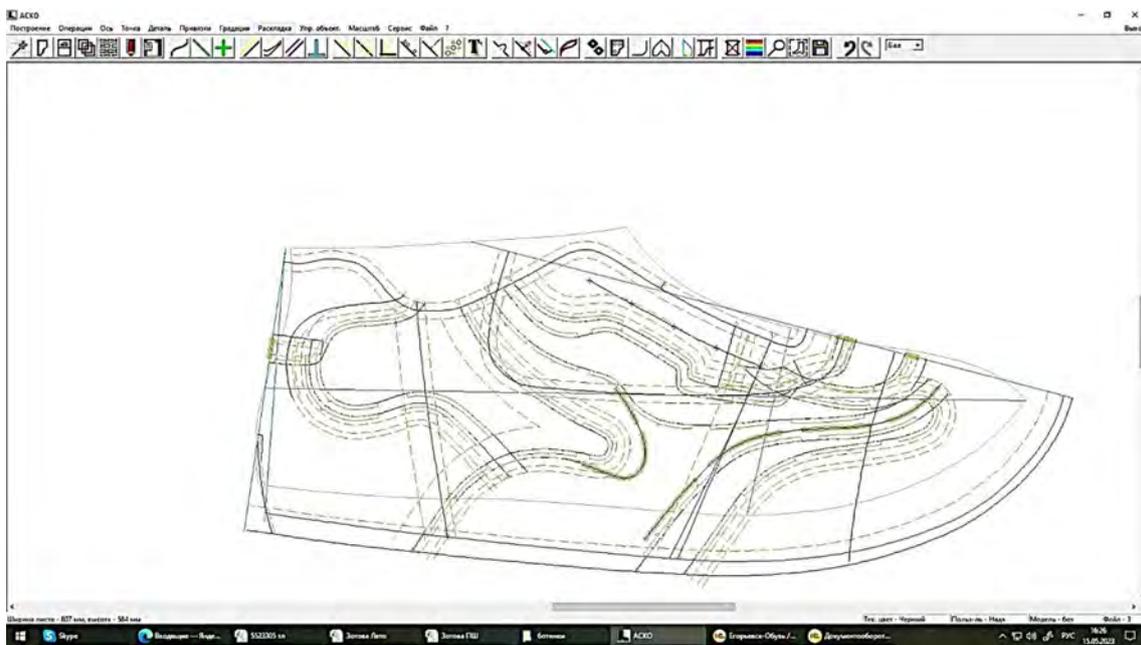


Рисунок 4 – Конструирование деталей верха женских полуботинок спортивного стиля в программе АСКО-2Д

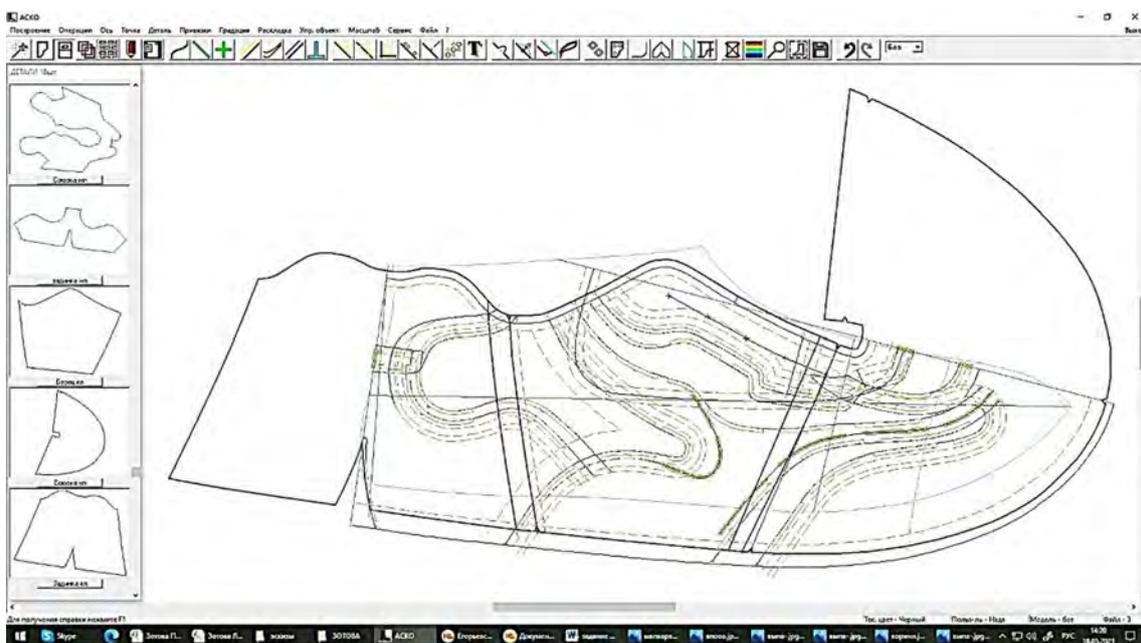


Рисунок 5 – Подкладка разрабатываемой модели

Основой для проектирования деталей низа обуви (основной стельки и подошвы) служит условная развертка следа обувной колодки (рис. 6). Важным аспектом является формирование пяточной части, для которого проектируют основную стельку короче следа колодки на величину u , которая зависит от толщины стельки и кривизны профиля боковой поверхности колодки.

На следующем этапе технического проекта на основе чертежей выполняется изготовление шаблонов наружных, внутренних и промежуточных деталей. Из плотной бумаги или картона делаются шаблоны для раскроя и сборочные для выполнения загибки краев деталей с линиями дискретных декоративных строчек и перфорации. На рисунке 7 представлен процесс создания детализовки в программе АСКО-2D.

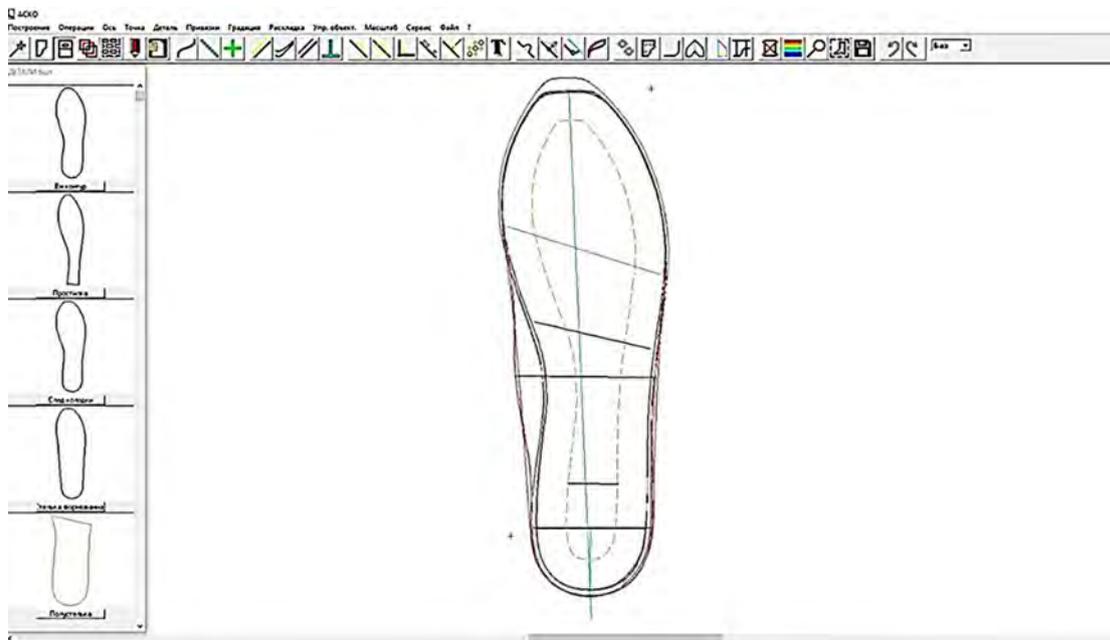


Рисунок 6 – Детали низа женских полуботинок спортивного стиля

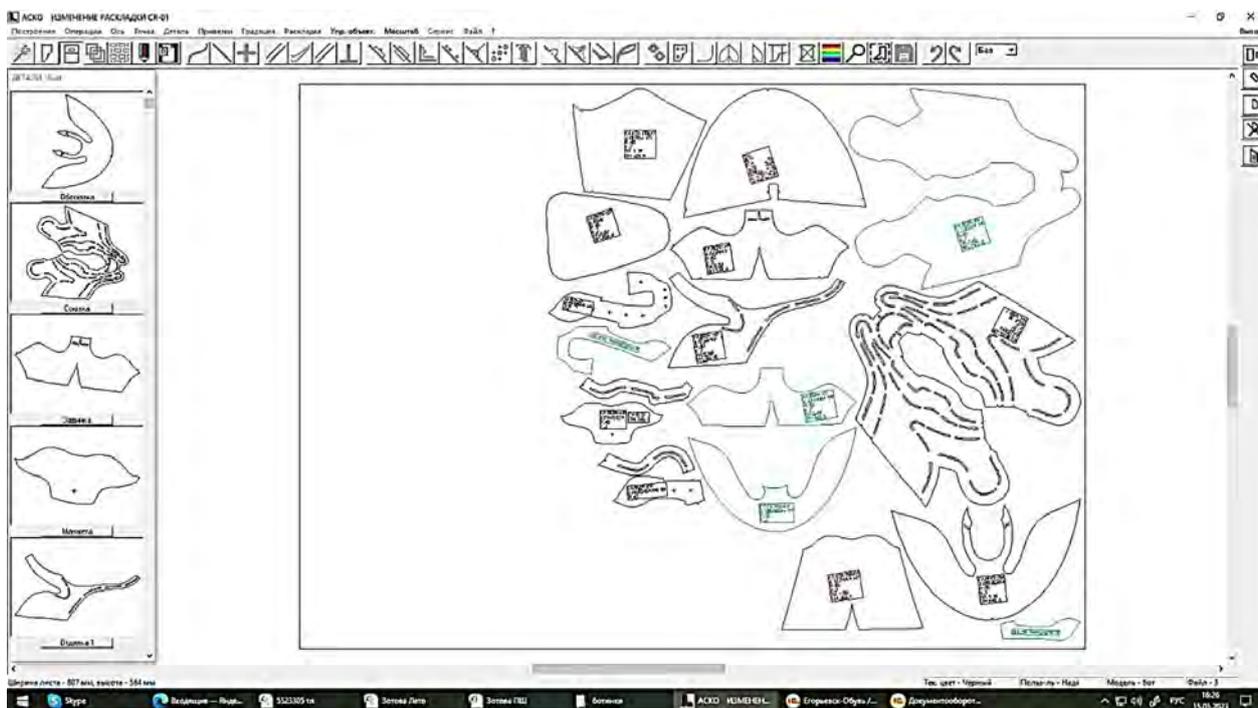


Рисунок 7 – Формирование и корректировка детализовки

Для запуска коллекции в массовое производство выполняется серийное градирование (процесс создания моделей обуви разных размеров) в системе автоматизированного проектирования АСКО-2Д. Группа команд меню «градация» (рис. 8) позволяет создать серию деталей на основе базовой модели, указав систему градирования, род обуви, фасон колодки, минимальные, максимальные и базовые размеры, а также шаг по длине и ширине.

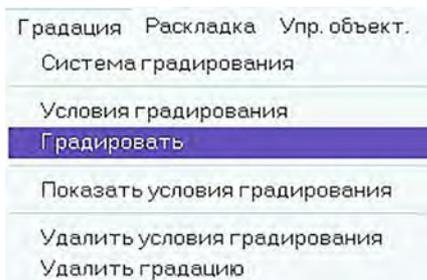


Рисунок 8 – Команды меню «градация»

Приращение размеров по длине рассчитывается по геодезической линииgrund-модели, а по шири-

не – по линии кальцаты. Величина приращения размеров может быть задана постоянной или изменяться в диапазонах.

Команда также обеспечивает согласованное градированиеgrund-модели и деталей в автоматическом режиме с возможностью корректировки отдельных линий и деталей модели (рис. 9). Для этого используется пункт меню привязки до градирования модели.

Согласованность с последними модными тенденциями, удовлетворение эстетических предпочтений и использование передовых технологий – эти критерии являются обязательными компонентами успешной коллекции, которая будет пользоваться интересом у потребителей.

Результатом работы стала коллекция комфортной женской обуви, которая своим внешним видом является интерпретацией уникального природного явления (рис. 10). Опираясь на творческий источник, подобно аналогии с природой, используются бионические структуры ландшафта гор Дэнксия, лежащие в основе конструктивных членений и цветовой гаммы новых моделей обуви, представлен пример воплощения «одушевлённого» дизайна.

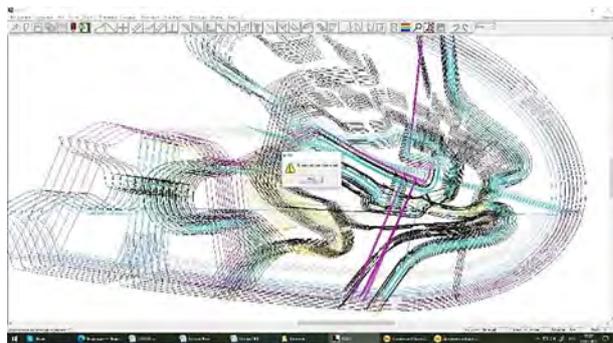
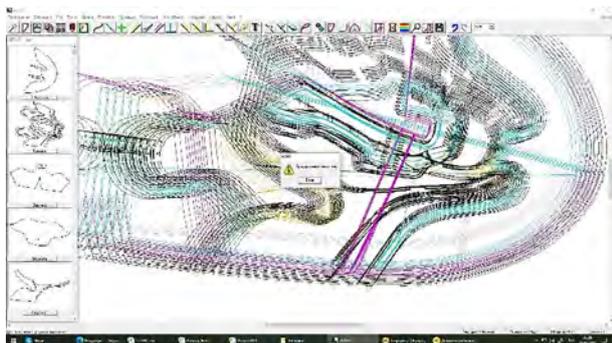


Рисунок 9 – Градирование модели



Рисунок 10 – Коллекция женской обуви спортивного стиля «Дэнксия»

Таким образом, работа по созданию коллекции женских полуботинок спортивного стиля проведена тщательным образом и включает несколько этапов. Рассмотрены актуальные тренды на обувь сезона весна-лето 2023, в качестве моделей-аналогов особое внимание уделено модным тенденциям обуви спортивного стиля. Проведен анализ прогнозов на актуальные цвета 2023 года, выбран источник вдохновения и составлен мудборд. На основе полученной информации и опираясь на источник вдохновения выполнены эскизный и технический проекты с использованием информационных технологий.

Применение автоматизированных систем проектирования в работе конструктора играет важную роль при разработке обуви и имеет ряд преимуществ от

их использования: улучшенная точность и качество исполнения эскизов и чертежей; увеличение производительности; сокращение затрат на ручной труд и отходы материалов. В целом, использование информационных технологий в проектировании обуви способствует эффективности, качеству проектирования и производства обуви, а также повышению производительности, снижению издержек и упрощению процессов работы. При разработке проектов учтены как функциональность и надежность, так и дизайн, материалы и экологичность. Разработанная коллекция женской обуви спортивного стиля отвечает всем требованиям современности – модным тенденциям, гигиеническому и анатомическому соответствию и экономическим показателям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Karaseva, A. I. Innovative designs and technologies in the production of casual shoes in a sporty style / A. I. Karaseva, V. V. Kostyleva, O. V. Sineva // International journal of Professional Science. – 2020. – № 8. – P. 35–49.
2. Подкопаева, А. В. Анализ предпочтений потребителей повседневной обуви спортивного стиля / А. В. Подкопаева, Ю. С. Конарева // Техническое регулирование: базовая основа качества материалов, товаров и услуг : сб. науч. тр. / редкол.: В. Т. Прохоров [и др.]. – Новочеркасск, 2019. – С. 261–265.
3. Модные цвета pantone весна-лето 2023 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://milanstyleguide.com/blog/fashion/fashion-color-pantone-spring-summer-2023/>. – Дата доступа: 01.12.2023.
4. Яковлева, А. Д. Основные принципы использования природных форм и образов в проектировании изделий легкой промышленности / А. Д. Яковлева, Ю. С. Конарева // Инновационное развитие техники и технологий в промышленности : сб. материалов Всероссийской науч. конф. молодых исследователей с междунар. участием : в 6 ч. – М. : ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2023. – Ч. 1. – С. 290–294.
5. Костылева, В. В. Обувь как объект дизайнерского творчества / В. В. Костылева, А. И. Карасева // Дизайн и технологии. – 2018. – № 66 (108). – С. 29–34.
6. Лысенко, А. А. Исследование средств гармонизации форм и методов формообразования обуви / А. А. Лысенко, Ю. С. Конарева // Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности (ИНТЕКС-2019) : сб. материалов Междунар. науч. студенческой конф. : в 3 ч. – М. : ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина», 2019. – Ч. 1. – С. 20–24.
7. Рыкова, Е. С. Бионика как инструмент эргодизайна / Е. С. Рыкова, А. А. Лысенко, Ю. С. Конарева // Эргодизайн как инновационная технология проектирования изделий и предметно-пространственной среды: инклюзивный аспект : сб. науч. тр. – М., 2019. – С. 47–52.
8. Концепция художественного онлайн-проектирования кастомизированных аксессуаров на основе принципов осознанной моды / Ю. С. Конарева [и др.] // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2022. – № 2 (398). – С. 279–284.
9. Рогозин, И. А. Популяризация осознанной моды среди российских дизайнеров / И. А. Рогозин, Ю. С. Конарева, О. В. Синева // Материалы докладов 55-й Междунар. науч.-техн. конф. преподавателей и студентов : в 2 т. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2022. – Т. 2. – С. 139–141.
10. Ландшафт Дэнксиа — цветные горы Китая [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bigpicture.ru/landshaft-denksiya-cvetnyye-gory-kitaya/>. – Дата доступа: 01.12.2023.
11. Подкопаева, А. В. Анализ материалов верха, используемых в производстве спортивной обуви / А. В. Подкопаева, Ю. С. Конарева // Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности (ИНТЕКС-2018) : сб. материалов Междунар. науч. студенческой конф. : в 3 ч. – М. : ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина», 2018. – Ч. 2. – С. 147–150.
12. Подкопаева, А. В. Анализ конструктивных особенностей подошв обуви для бега / А. В. Подкопаева, Ю. С. Конарева // Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности (ИНТЕКС-2019) : сб. материалов Междунар. науч. студенческой конф. : в 3 ч. – М. : ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина», 2019. – Ч. 1. – С. 13–17.
13. Ключникова, В. М. Практикум по конструированию изделий из кожи : учебное пособие / В. М. Ключникова, Т. С. Кочеткова, А. Н. Калита. – М. : Легпромбытиздат, 1985. – 336 с.

REFERENCE

1. Karaseva, A. I. Innovative designs and technologies in the production of casual shoes in a sporty style / A. I. Karaseva, V. V. Kostyleva, O. V. Sineva // *International journal of Professional Science*. – 2020. – № 8. – p. 35–49.
2. Podkopaeva, A. V. Analysis of preferences of consumers of casual shoes of a sporty style / A. V. Podkopaeva, Y. S. Konareva // *Technical regulation: the basic basis of quality of materials, goods and services. Collection of scientific papers. Editorial board: V. T. Prokhorov [et al.]*. – Novocherkassk, 2019. – C. 261–265.
3. Fashionable colors pantone spring-summer 2023. Source: Milan Style Guide [Electronic resource]. – Mode of access: <https://milanstyleguide.com/blog/fashion/fashion-color-pantone-spring-summer-2023/>. – Date of access: 01.12. 2023.
4. Yakovleva, A. D. Basic principles of using natural forms and images in the design of light industry products / A.D. Yakovleva, Y. S. Konareva // *Innovative development of techniques and technologies in industry: collection of materials of the All-Russian scientific conference of young researchers with international participation*. – Moscow: FGBOU VO "A.N. Kosygin Russian State University", 2023. – Part 1. – pp. 290–294
5. Kostyleva, V. V. Footwear as an object of design creativity / V. V. Kostyleva, A. I. Karaseva // *Design and technology*. – 2018. – № 66 (108). – C. 29–34.
6. Lysenko, A. A. Research of means of harmonization of forms and methods of shoe shaping / A. A. Lysenko, Y. S. Konareva // *Innovative development of light and textile industry (INTEX-2019). Collection of materials of the International scientific student conference*. – 2019. – C. 20–24.
7. Rykova, E. S. Bionics as an ergodesign tool / E. S. Rykova, A. A. Lysenko, Y. S. Konareva // *Ergodesign as an innovative technology of designing products and object-spatial environment: inclusive aspect. Collection of scientific papers. Moscow*, – 2019. – C. 47–52.
8. Konareva, Y. S. The concept of artistic online design of customized accessories based on the principles of conscious fashion / Y.S. Konareva [et al.] // *Izvestia vuzov. Technology of textile industry*. – 2022. – № 2 (398). – C. 279–284.
9. Rogozin, I. A. Popularization of conscious fashion among Russian designers / I. A. Rogozin, Y. S. Konareva, O. V. Sineva // *Proceedings of the 55th International Scientific and Technical Conference of Teachers and Students: in 2 vol. / EE "VGTU"*. – Vitebsk, 2022. – C. 139–141.
10. Dengxia Landscape - China's Colored Mountains [Electronic resource]. – Mode of access: <https://bigpicture.ru/landshaft-denksiya-cvetnye-gory-kitaya/>. – Date of access: 01.12. 2023.
11. Podkopaeva, A. V. Analysis of upper materials used in the production of sports shoes / A. V. Podkopaeva, Y. S. Konareva // *Innovative development of light and textile industry" (INTEX-2018). Collection of materials of the International scientific student conference*. – M.: Kosygin Russian State University, 2018. – C. 147– 150.
12. Podkopaeva, A. V. Analysis of design features of the soles of shoes for running / A. V. Podkopaeva, Y. S. Konareva // *Innovative development of light and textile industry (INTEX-2019). Collection of materials of the International scientific student conference*. – M.: Kosygin Russian State University, 2019. – C. 13–17.
13. Klyuchnikova, V. M. Practicum on the design of leather goods: textbook / V. M. Klyuchnikova, T. S. Kochetkova, A. N. Kalita. – M: Legprombytizdat, 1985. – 336 c.

SPISOK LITERATURY

1. Karaseva, A. I. Innovative designs and technologies in the production of casual shoes in a sporty style / A. I. Karaseva, V. V. Kostyleva, O. V. Sineva // *International journal of Professional Science*. – 2020. – № 8. – S. 35–49.
2. Podkopaeva, A. V. Analiz predpochtenij potrebitelej povsednevnoj obuvi sportivnogo stilja / A. V. Podkopaeva, Ju.S. Konareva // *Tehnicheskoe regulirovanie: bazovaja osnova kachestva materialov, tovarov i uslug. Sbornik nauchnyh trudov. Redkollegija: V.T. Prohorov [i dr.]*. – Novocherkassk, 2019. – S. 261–265.
3. Modnye cveta pantone vesna-leto 2023 [Elektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: <https://milanstyleguide.com/blog/fashion/fashion-color-pantone-spring-summer-2023/>. – Data dostupa: 01.12. 2023.
4. Jakovleva, A. D. Osnovnye principy ispol'zovaniya prirodnyh form i obrazov v proektirovanii izdelij legkoj promyshlennosti / A. D. Jakovleva, Ju.S. Konareva // *Innovacionnoe razvitie tehniki i tehnologij v promyshlennosti: sbornik materialov Vserossijskoj nauchnoj konferencii molodyh issledovatelej s mezhdunarodnym uchastiem*. – M.: FGBOU VO «RGU im. A.N. Kosygina», 2023. – Chast' 1. – s. 290-294
5. Kostyleva, V. V. Obuv' kak ob#ekt dizajnerskogo tvorchestva / V. V. Kostyleva, A. I. Karaseva // *Dizajn i tehnologii*. – 2018. – № 66 (108). – S. 29–34.
6. Lysenko, A. A. Issledovanie sredstv garmonizacii form i metodov formoobrazovaniya obuvi / A. A. Lysenko, Ju.S. Konareva // *Innovacionnoe razvitie legkoj i tekstil'noj promyshlennosti (INTEKS-2019). Sbornik materialov Mezhdunarodnoj nauchnoj studencheskoj konferencii*. – M.: FGBOU VO "RGU im. A.N. Kosygina", 2019. –

S. 20–24.

7. Rykova, E. S. Bionika kak instrument jergodizajna / E. S. Rykova, A. A. Lysenko, Ju. S. Konareva // Jergodizajn kak innovacionnaja tehnologija proektirovanija izdelij i predmetno-prostranstvennoj sredy: inkluzivnyj aspekt. Sbornik nauchnyh trudov. – Moskva, 2019. – S. 47–52.

8. Konareva, Ju. S. Konceptcija hudozhestvennogo onlajn-proektirovanija kastomizirovannyh aksesuarov na osnove principov osoznannoj mody / Konareva Ju. S. [i dr.] //Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2022. – № 2 (398). – S. 279–284.

9. Rogozin, I. A. Populjarizacija osoznannoj mody sredi rossijskih dizajnerov / I. A. Rogozin, Ju. S. Konareva, O. V. Sineva // Materialy dokladov 55-J Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii prepodavatelej i studentov. v 2 t. UO «VGTU». – Vitebsk, 2022. –S. 139–141.

10. Landshaft Djenksija – cvetnye gory Kitaja [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://bigpicture.ru/landshaft-denkziya-cvetnye-gory-kitaya/>. – Data dostupa: 01.12. 2023.

11. Podkopaeva A.V., Konareva Ju.S. Analiz materialov verha, ispol'zuemyh v proizvodstve sportivnoj obuvi. V sbornike: Innovacionnoe razvitie legkoj i tekstil'noj promyshlennosti" (INTEKS-2018). Sbornik materialov Mezhdunarodnoj nauchnoj studencheskoj konferencii. – M.: FGBOU VO "RGU im. A.N. Kosygina", 2018. – S. 147–150.

12. Podkopaeva, A. V. Analiz konstruktivnyh osobennostej podoshv obuvi dlja bega / A. V. Podkopaeva, Ju.S. Konareva // Innovacionnoe razvitie legkoj i tekstil'noj promyshlennosti (INTEKS-2019). Sbornik materialov Mezhdunarodnoj nauchnoj studencheskoj konferencii. – M.: FGBOU VO "RGU im. A.N. Kosygina", 2019. – S. 13–17.

13. Kljuchnikova, V. M. Praktikum po konstruirovaniju izdelij iz kozhi: uchebnoe posobie / V. M. Kljuchnikova, T. S. Kochetkova, A. N. Kalita. – M: Legprombytizdat, 1985. – 336 s.

Статья поступила в редакцию 27.09.2023.

Научное издание

МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Научный журнал

№ 1 (11), 2023

Дизайн обложки: *Самутина Н.Н., Мороз Е.В.*

Компьютерная верстка: *Григорьева Н.В.*

Редактор: *Никифорова Р.А.*

Подписано в печать 09.02.2024. Гарнитура Times.

Усл. печ. листов 8,9. Уч.-изд. листов 8,8. Формат 60x90 1/8. Тираж 9 экз. Заказ № 56.

Сайт журнала: <http://mat-tech.vstu.by>

Выпущено издательским сектором
Витебского государственного технологического университета.
210038, Республика Беларусь, г. Витебск, Московский пр-т, 72.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.