

КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЙ ПЯТИКООРДИНАТНОГО ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА

Суханов М.А.¹, Кухта М.С.²

¹ФГАОУ ВО «НИ ТПУ», ОМШ ИШНПТ, группа 4НМ31

e-mail: mas99@tpu.ru

²ФГАОУ ВО «НИ ТПУ», ОАР ИШИТР, д.ф.н., профессор

e-mail: kuhta@tpu.ru

Введение. На сегодняшний день существуют две основных группы методов производства: аддитивные и субтрактивные технологии. Под аддитивными технологиями понимают послойное наращивание и синтез объектов, в то время как субтрактивные технологии предполагают удаление лишнего материала [1]. Ко второй группе относят разнообразные способы механической обработки, среди которых наиболее популярны точение и фрезерование. В настоящее время фрезерные станки считают универсальным производственным оборудованием и используют повсеместно для самых различных задач; большое количество современных фрезерных станков оснащены системой числового программного управления (ЧПУ), что делает их еще более востребованными. Современный станок представляет собой сложное изделие, которое служит интегральным показателем развития промышленности в стране [2].

Цель данной работы – провести модернизацию пятикоординатного фрезерного станка с ЧПУ (далее – станок 5ОС). Для реализации обозначенной цели были поставлены следующие задачи:

- разработать оптимальную компоновку, удовлетворяющую потребности современных пользователей и производств;
- провести эргономический анализ;
- выполнить концептуальный поиск стилистических решений станка;
- создать фотореалистичные изображения итоговой концепции.

Станок 5ОС можно использовать в производстве реквизита сложной формы, рекламных конструкций, корпусных изделий из мягких материалов, матриц пресс-форм, а также для макетирования и прототипирования.

Согласно правилам, указанным в стандарте ИСО 841–74 и ГОСТ 23597–79, в станках с ЧПУ могут быть три координатные оси – X , Y , Z (линейные) и три круговые – A , B , C . Использовать при этом можно координатную систему прямоугольного или полярного вида. В станке 5ОС помимо линейных координатных осей X , Y , Z реализованы угловая координата B (наклон шпинделя) и угловая координата C (качение шпинделя). Данная кинематика делает продукт уникальным на мировом рынке, поскольку в большинстве современных пятикоординатных фрезерных станков дополнительные координаты реализованы с помощью поворотного стола [3], а не поворотной головы, как в 5ОС.

Размеры рабочей зоны станка 600×600×400 мм. Высота до 2500 мм (при максимальной высоте привода Z), ширина 1050 мм, глубина 1120 мм. В комплекте со станком также находится электрошкаф, в котором располагаются плата управления, пускатели, автоматы, блоки питания, драйверы двигателей, частотный преобразователь для шпинделя и другие элементы электроники станочного оборудования [4].

Поиск компоновочного решения станка. В рамках данного проекта компоновочное решение должно включать в себя комплектацию станка (состав элементов), взаимное расположение этих элементов относительно друг друга, всей системы, взаимосвязи между этими элементами. В такой сложной системе с большим числом элементов при поиске оптимального компоновочного решения важны соподчинение, соразмерность, единство [5]. Проектируемая система будет состоять из кабины станка и блока управления и предусматривать подведение стружкосборника/вытяжной установки.

На основе проведенных ранее дизайн-исследований и дизайн-анализа аналогов можно выделить следующие компоновочные схемы станка (рис. 1):

- настольный вариант, где персональный компьютер (ПК) интегрирован в кабину станка;
- базовый вариант, где ПК размещается на отдельном столе или на электрошкафе, что неудобно и небезопасно;
- дисплей ЧПУ вынесен на кронштейне;
- с автономной стойкой ЧПУ;
- с мобильным блоком управления (тип тележки, на которой возможно разместить ПК, или интегрировать дисплей).

Шланги аспирации, баки со стружкой, элементы системы управления (ПК и прочее) – все «опутывает» фрезерный станок и часто не позволяет уплотнить системы и разместить их на малой площади, в ограниченном пространстве, которое можно закрыть кожухом [6]. В связи с этим возникла идея компоновочного решения кабины станка с функциональными модулями [7]; так было сформировано итоговое компоновочное решение станка напольного типа (рис. 2). Данная компоновка предполагает размещение небольшой вытяжной установки в основании станка (опция для отвода стружки), а блока управления, электроники и ящика для хранения инструментов – в функциональном модуле (контуром с длинными штрихами обозначены монтажные дверцы).

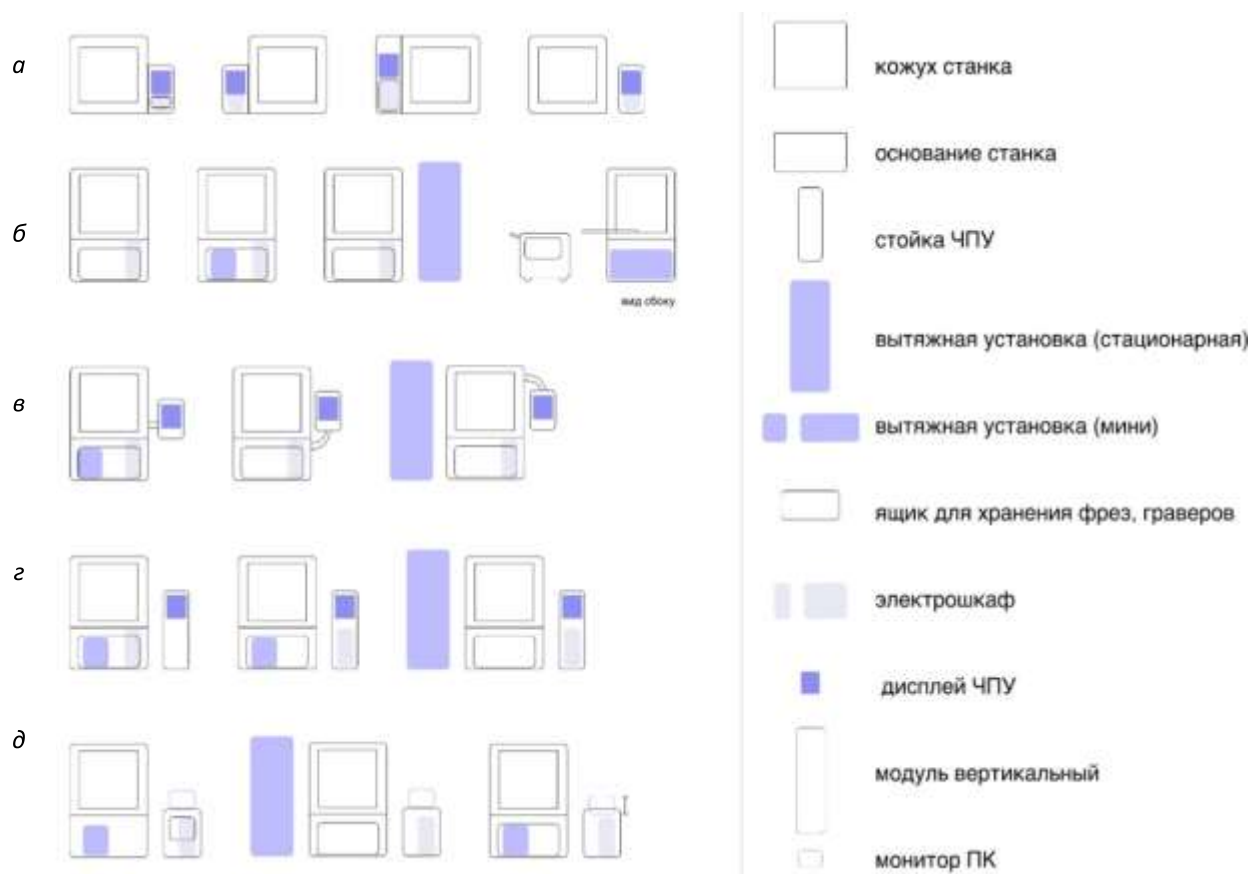


Рис. 1. Поисковые компоновочные схемы станка:
а – настольный; б – базовый; в – дисплей ЧПУ на кронштейне;
г – со стойкой ЧПУ; д – с мобильным блоком управления

Указанные параметры необходимо учитывать при проектировании дверцы кабины и амплитуды ее раскрытия для удобства загрузки заготовки, уровней ручки и панели управления; в зоне досягаемости должны находиться все основные элементы станка.

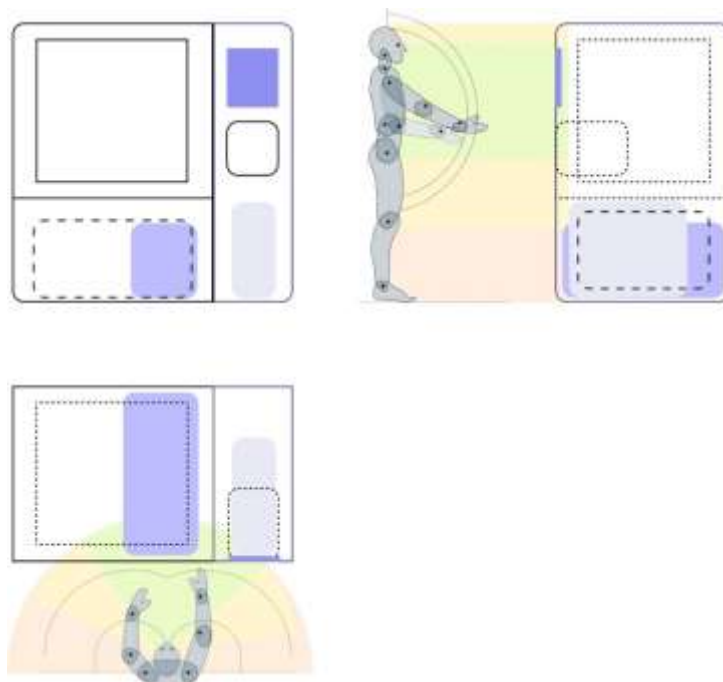


Рис. 2. Эскиз итогового компоновочного решения станка напольного типа с интеграцией эргонома и зонами досягаемости

Панель управления большинства станков расположена справа от рабочей зоны, так как операторы чаще всего правши [8]. При этом в случае с распашной дверцей кабины станка важно, чтобы дверца в открытом положении не перекрывала доступ к панели управления.

Поиск стилизового решения станка. Основная цель эскизирования на данном этапе – поиск образа продукта в соответствии с концепцией, определение стилистического направления проекта [9]. В некоторых эскизах увеличена площадь смотровой области, а также усложнена геометрия в местах смотровых окон и на блоке. Одним из наиболее выразительных является стилистическое направление, где присутствует характерная линия, делящая конструкцию, а в верхней части – также некий контрастный элемент, созвучный этой линии (рис. 3). В смотровые окна интегрирован элемент, материал которого менее прозрачен по сравнению с материалом самого окна.

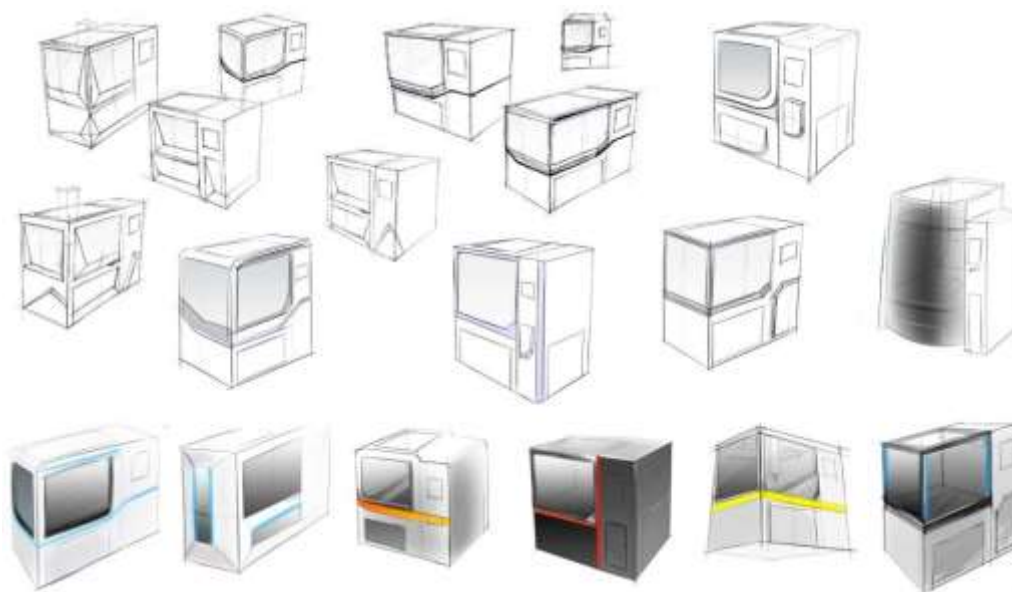


Рис. 3. Поисковые эскизы кабины станка

Большинство представленных эскизов являются комбинированными: первоначально они были отрисованы ручкой на бумаге, а затем доработаны на графическом планшете с помощью специального программного обеспечения [10].

Итоговое дизайн-решение. Итоговая визуализация (рендеринг) дизайн-концепции станка 50С осуществлялась с помощью программы KeyShot (рис. 4).



Рис. 4. Визуализация итоговой дизайн-концепции станка с нанесением знаков безопасности

Итоговая дизайн-концепция фрезерного станка 50С представлена кабиной напольного типа с фронтальной распашной дверцей и боковым смотровым окном. Ключевые характеристики итоговой дизайн-концепции станка 50С:

- стилевое единство;
- безопасность и эргономичность (продуманы сценарии использования, проработаны зоны досягаемости);
- конструкция кабины не препятствует охлаждению станка;
- освещенность рабочей зоны станка;
- оптимизация использования производственных площадей.

Для оптимальной компоновки кабины кабель-каналы X и Y были перенесены вправо, к функциональному модулю. Оригинальная кинематика станка при этом сохранилась, однако данное компоновочное решение позволило рационально организовать пространство [7]. Функциональный модуль кабины станка 50С включает в себя блок управления (сенсорный дисплей и несколько механических кнопок), ящик для фрез, а также предусматривает возможность подведения системы сбора стружки.

Для наблюдения за процессом обработки предусмотрены смотровые окна. При этом в кабине обеспечен достаточный уровень освещенности рабочей зоны (рис. 5).

Данный вариант кабины не ограничивает движение воздуха вокруг оборудования, при этом обеспечивает защиту от разлета стружки и распространения шума. Скругленные ребра кабины способствуют меньшему скоплению пыли (как это происходило бы при прямых углах).

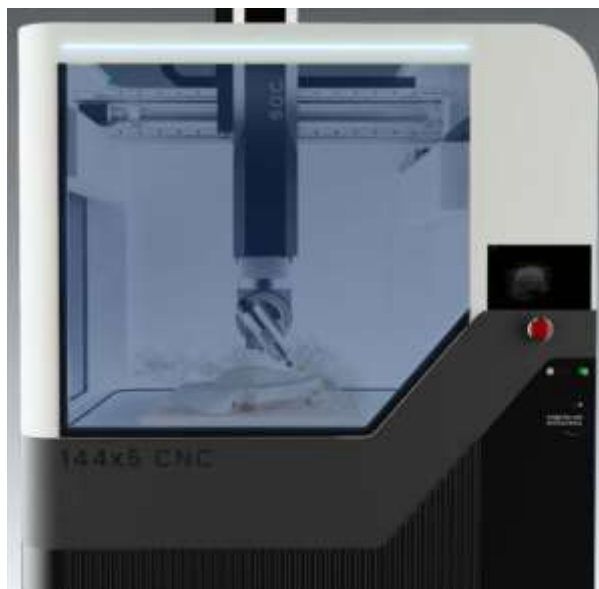


Рис. 5. Визуализация подсветки в кабине станка 50С

Итоговое макетирование. Итоговый (презентационный) макет дизайн-концепции фрезерного станка выполнен в масштабе 1:10. Итоговый макет является комбинированным, поскольку при его изготовлении использовалось несколько видов материалов и технологий (резка листового пластика и акрила, аддитивные технологии) [10]. Поскольку сам станок не служит предметом разработки в данном проекте, его конструкционные элементы в итоговом макете обобщены, упрощены либо заменены аналоговыми.

Итоговый макет станка 50С позволит продемонстрировать компоновку основных элементов, степень технологичности конструкции кабины и затрат окружающего пространства вокруг станка (рис. 6).

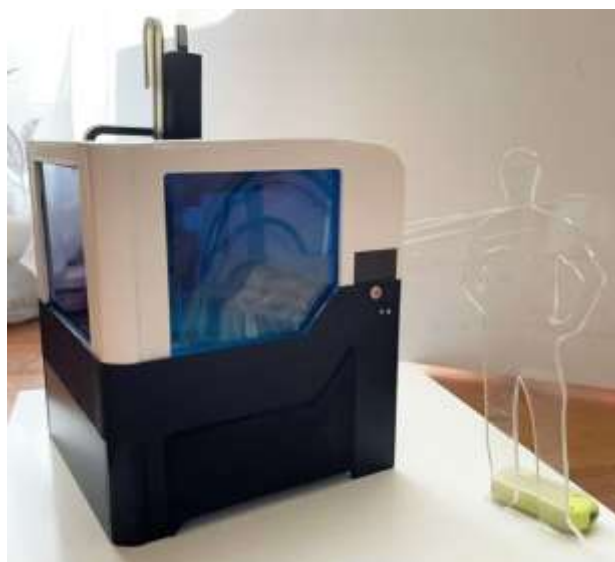


Рис. 6. Итоговый макет станка в масштабе 1:10

Заключение

В работе осуществлена модернизация фрезерного пятикоординатного станка с ЧПУ посредством разработки стилевого и компоновочного решений, которые позволят вывести новый отечественный продукт на рынки сделать его востребованным. В результате последовательного выполнения поставленных задач было предложено системное дизайн-решение

пятикоординатного фрезерного станка, включающее в себя кабину с интегрированным блоком управления.

В глобальном плане данный проект может способствовать формированию новой, жизнеспособной и человеко-ориентированной проектной культуры, а также более активному вовлечению промышленных дизайнеров в процессы разработки оборудования.

Список литературы

1. Слюсар В.И. Фаббер-технологии: сам себе конструктор и фабрикант. Конструктор, 2002. – № 1. – С. 5–7.
2. Баурина С.Б., Савченко Е.О. Современные технологические тренды развития станкостроения России. Вестник РЭА им. Г.В. Плеханова, 2019. – № 2 (104). <http://doi.org/10.21686/2413-2829-2019-2-81-92>.
3. Дожделев А.М., Лаврентьев А.Ю., Какорин Д.Д., Туляев И.П. Компонировка фрезерных станков с ЧПУ. Международный журнал гуманитарных и естественных наук, 2022, № 12–2. – С. 126–129. <http://doi.org/10.24412/2500-1000-2022-12-2-126-129>.
4. Чернянский П.М., ред. Проектирование автоматизированных станков и комплексов. В 2 т. Т. 1. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – 336 с.
5. Синельников М.А. Основы композиции в промышленном дизайне. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. – 11 с.
6. Защитный кожух для фрезерного станка с ЧПУ. Infofrezer. URL: <https://infofrezer.ru/stati/zashchitnyj-kozhukh-dlya-frezernogo-stanka-s-chpu/> (дата обращения 02.04.2023).
7. Дизайн-мышление. Методическое руководство по применению человекоориентированного подхода к проектированию. Москва, Лаборатория Wonderfull, 2020. – 69 с.
8. Гонсалес-Сабатер А. Комплексный подход к автоматизации проектирования технологического процесса механообработки. Проблемы машиностроения и автоматизации, 2016, № 2. – С. 125–131.
9. Браун Т. Дизайн-мышление в бизнесе. От разработки новых продуктов до проектирования бизнес-моделей. Москва, Манн, Иванов и Фербер, 2018. – 245 с.
10. Робертсон С., Бертлинг Т. Искусство рисования: рисование эскизов объектов и пространства из воображения. Design Studio Press, 2013. – 208 с.