

УДК 621.9.06-112.6

URL: <https://ptsj.bmstu.ru/catalog/icec/auto/1084.html>

## ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ФОРМИРОВАНИЯ КОМПОНОВОК ВЕРТИКАЛЬНО-СВЕРЛИЛЬНОГО АГРЕГАТНОГО СТАНКА В ПАКЕТЕ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ T-FLEX CAD

П.Д. Гречишкина

grishki-p@mail.ru

А.С. Далечин

dalechin.as.99@gmail.com

SPIN-код: 2807-0467

*ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация*

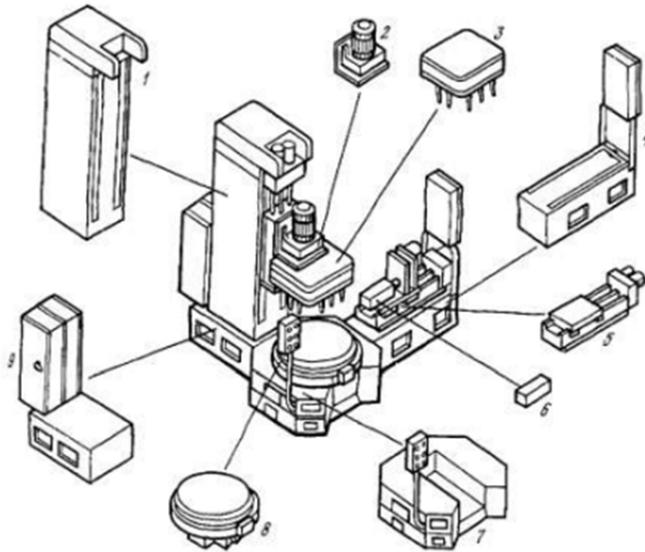
Исследован подход к автоматизированной переналадке вертикально-сверлильного агрегатного станка на основе модульного проектирования и цифровых технологий. Разработан фрагмент автоматизированной системы, интегрирующий параметризованные 3D-модели станка с базой данных унифицированных узлов, что позволяет автоматически подбирать оптимальную конфигурацию оборудования при изменении параметров технологической системы. Отмечена возможность изменения узлов резания станка при изменении технологического процесса изготовления изделия. Внедрение перспективной системы сократит время переналадки агрегатного станка при сохранении стабильности качества обработки. Перспективы развития связаны с интеграцией технологий искусственного интеллекта и промышленного интернета вещей для дальнейшей автоматизации процессов.

**Ключевые слова:** агрегатный станок, автоматизированная переналадка, модульное проектирование, параметрическое моделирование, унифицированные узлы, цифровые технологии

**Введение.** В современных условиях при нарастающих объемах производства машиностроительной продукции предприятия сталкиваются с возрастающей потребностью в высокопроизводительном технологическом оборудовании для металлообработки. Особенно востребованными становятся решения для крупносерийного и массового производства, среди которых особое место занимают агрегатные станки (рис. 1). Эти станки, как показывают исследования [1], обладают уникальной конструкцией, состоящей из унифицированных узлов: силовых блоков, шпиндельных модулей, подающих механизмов, а также базовых и транспортных элементов. Такая модульная архитектура не только обеспечивает гибкость при адаптации к различным технологическим задачам, но и позволяет объединять несколько операций обработки в единый производственный цикл.

Современные агрегатные станки, включающие токарно-фрезерные, токарно-револьверные, фрезерно-расточные и сверлильно-фрезерные модели,

нашли широкое применение в ключевых отраслях промышленности. Их способность обрабатывать детали сложной конфигурации делает их незаменимыми в машиностроении, авиационной и космической промышленности. Однако при всех преимуществах такого оборудования существует серьезная проблема, связанная с необходимостью быстрой адаптации к изменяющимся производственным требованиям. Традиционные методы переналадки, требующие значительных временных затрат на подбор и замену компонентов, существенно ограничивают производительность при переориентации производства на выпуск новых изделий [2].



**Рис. 1.** Агрегатный станок:

1 — стойка; 2 — силовая бабка; 3 — многошпиндельная коробка; 4 — станина боковая; 5 — силовой стол; 6 — одношпиндельная расточная бабка; 7 — станина центральная; 8 — поворотный делительный стол; 9 — станина-подставка

Для решения этой проблемы предложен инновационный подход, основанный на принципах модульного проектирования и стандартизации [3]. Его суть заключается в создании специализированной автоматизированной системы, объединяющей параметризованные 3D-модели агрегатных станков с базой данных унифицированных узлов. Как демонстрируют последние исследования [4], такие системы способны автоматически подбирать оптимальную конфигурацию оборудования при изменении параметров обработки, проверяя совместимость модулей через стандартизированные интерфейсы

подключения. Ключевым преимуществом данного подхода является его масштабируемость — возможность постепенного расширения библиотеки узлов без необходимости полной замены оборудования. Практические испытания подтверждают [5], что внедрение подобных систем позволяет в несколько раз сократить время переналадки при сохранении требуемого качества обработки, что особенно важно для предприятий с ограниченными финансовыми ресурсами.

Дальнейшее развитие данного направления связано с совершенствованием алгоритмов автоматизированного подбора конфигураций и расширением базы унифицированных узлов. Последние работы в этой области [6, 7] показывают перспективность применения современных методов геометрического моделирования и визуализации для создания более гибких и адаптивных систем проектирования агрегатных станков. Особое внимание уделяется разработке специализированных подсистем для обработки конкретных типов деталей, таких как корпусные элементы, что позволяет дополнительно снизить трудоемкость проектирования технологического оборудования.

**Исходные данные для разработки фрагмента системы.** В данной работе рассмотрен многошпиндельный вертикальный сверлильный станок-полуавтомат со стационарным приспособлением и механизированным загрузочным устройством, предназначенный для сверления отверстий в чугунной крышке редуктора (рис. 2).

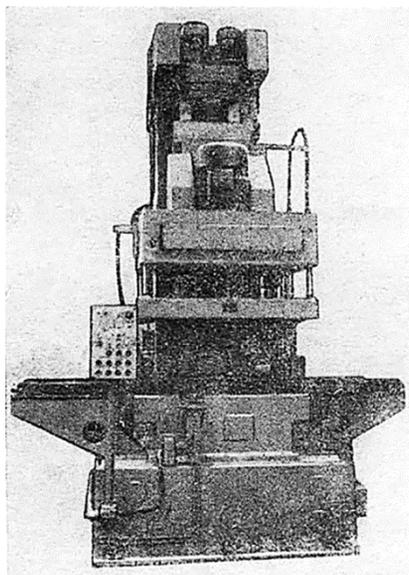


Рис. 2. Станок агрегатный вертикальный сверлильный

Основание станка (рис. 3) включает среднюю станину 1 с подставкой 2, на которой закреплена стойка 5 с электромеханическим силовым столом 6. На столе установлен упорный угольник 7 с многошпиндельной коробкой 8. Инструменты 9 направляются втулками кондукторной плиты 10. Зажимное приспособление 3 и загрузочное устройство 4 смонтированы на станине. Электрооборудование размещено в шкафах 11, 12, гидрооборудование — в гидростанции 13.

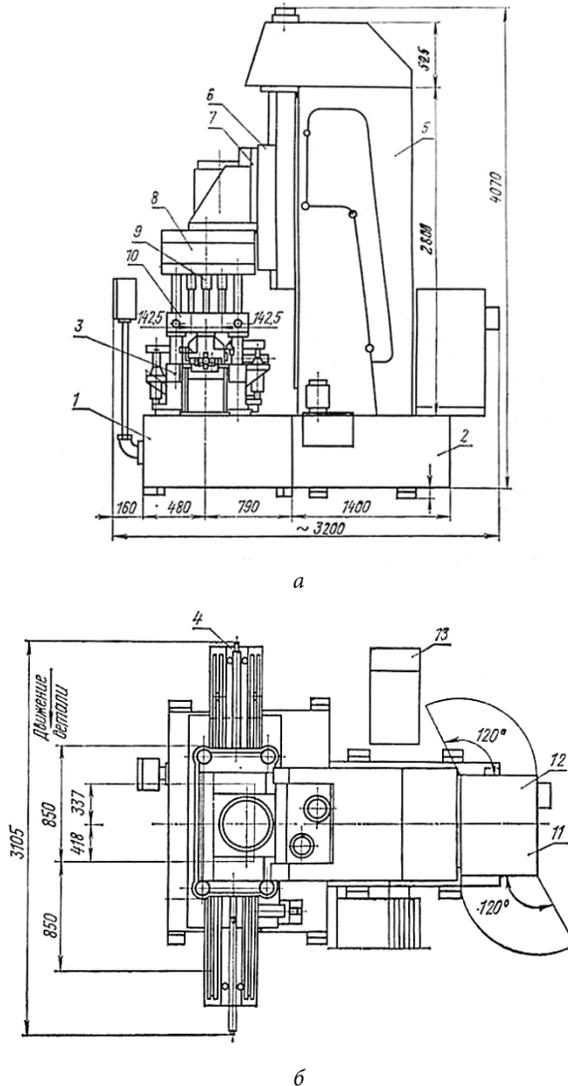


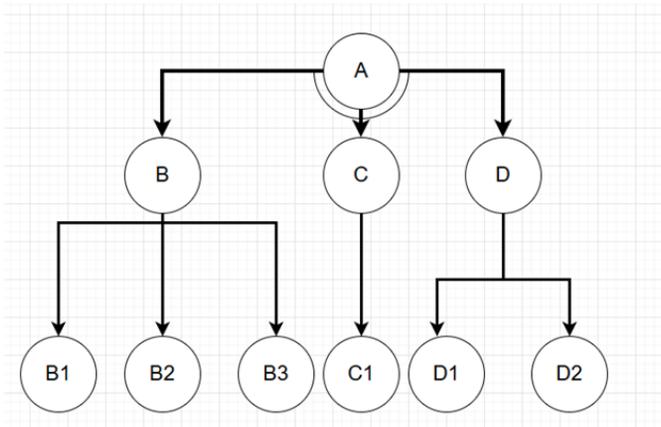
Рис. 3. Рабочие чертежи агрегатного станка:

а — чертеж агрегатного станка, вид сбоку; б — чертеж агрегатного станка, вид сверху

**Подготовка базы данных унифицированных узлов.** Анализ современных тенденций показывает, что для цифровой трансформации машиностроения необходимы новые решения в проектировании оборудования. Ключевым направлением становится интеграция параметрического моделирования с интеллектуальными системами управления данными [8], что позволяет создавать адаптивные производственные системы. Современные агрегатные станки характеризуются модульной архитектурой, обеспечивающей их эффективную интеграцию в автоматизированные комплексы [9]. Особое значение имеют проходные загрузочные механизмы, современные системы управления и автоматизированная смазка узлов [10].

Центральное место в проектировании занимают специализированные информационные системы, содержащие полные данные об объектах. В пакете прикладных программ T-Flex CAD создание цифровых моделей основано на использовании стандартизированных элементов из каталогов оборудования. Динамическая связь между табличными данными и 3D-моделями обеспечивает оперативное обновление геометрии деталей при изменении параметров, значительно сокращая время разработки [11].

Модульная конструкция станков позволяет быстро заменять технологические узлы благодаря стандартизированным интерфейсам подключения. Системы автоматической регулировки габаритов обеспечивают обработку деталей различных размеров, расширяя производственные возможности без дополнительного оборудования. Экономическая эффективность проявляется в сокращении капитальных затрат, оптимизации площадей и снижении расходов на обучение персонала.



**Рис. 4.** Графовое представление агрегатного вертикального сверлильного станка в виде И-ИЛИ дерева

Как видно на рис. 4, компоновка станка реализована по принципу И/ИЛИ-дерева, что соответствует современным подходам модульного проектирования. Верхний уровень иерархии А содержит основные функциональные группы: корпусные детали В, узлы подачи С и шпиндельные узлы D, формирующие базовую конфигурацию. На втором уровне представлены конкретные модификации каждой группы, позволяющие варьировать характеристики оборудования в соответствии с технологическими требованиями.

В группе корпусных деталей В выделены три модификации: средняя станина В1 (модели УЕ1326–УЕ1328), сварная подставка В2 и стойка В3 (модели УЕ1552–УЕ1557). Узлы подачи С представлены столом с механическим электроприводом С1 (модели УЕ4532–УЕ4537). Шпиндельные узлы D включают многошпиндельную коробку D1 серии УНЕ и сверлильную бабку D2 (модель УЕ4124).

Такая двухуровневая организация демонстрирует комбинаторный подход к проектированию, где обязательное наличие базовых функциональных групп сочетается с возможностью выбора конкретных модификаций для каждой группы [11]. Применение стандартизированных интерфейсов соединения между модулями различных уровней обеспечивает технологическую гибкость системы, позволяя оперативно адаптировать конфигурацию оборудования под конкретные производственные задачи.

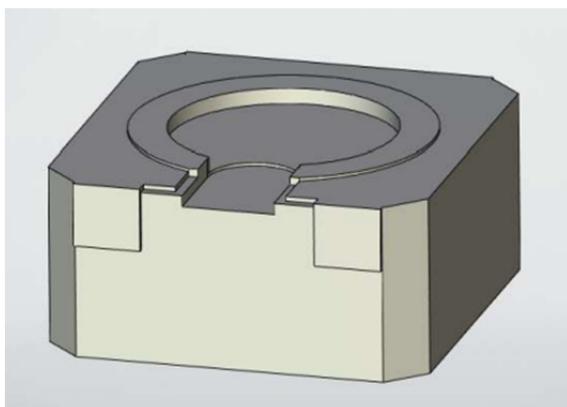
Реализация данного подхода требует создания специализированной информационно-системы, интегрирующей базу данных модулей с системами управления производством. В базе данных (рис. 5) содержатся исчерпывающие сведения о конструктивных и технологических параметрах каждого модуля [12], что позволяет системе MES автоматически формировать оптимальные конфигурации оборудования (рис. 6) в соответствии с требованиями технологического процесса [13]. Подобная интеграция позволяет существенно сократить временные затраты на переналадку при гарантированном соблюдении всех технических требований к обработке деталей.

Модель	В	L	A1	b2	b3	l1	l2	l3	l4	l5	D1	D2	C
УЕ1326.101	1200	1240	970	525	1050	650	425	500	1065	10	950	710	115
УЕ1327.101	1400	1430	1040	582	1164	750	410	548	1171	30	1150	870	180
УЕ1328.101	1700	1700	1200	708	1416	875	440	668	1390	10	1400	1100	250

**Рис. 5.** База данных средней одногранной станины моделей УЕ1326-УЕ1328:

В, L — габаритные ширина и длина станины соответственно; С — размер фаски; b2, l4 — межосевое расстояние между присоединительными отверстиями; b1, l3 — межосевое расстояние между осями станины и осями отверстий; D1, D2 — присоединительные размеры; A1 — расстояние между фасками; l2 — глубина загрузочной части; l1 — расстояние от центральной оси станины до края

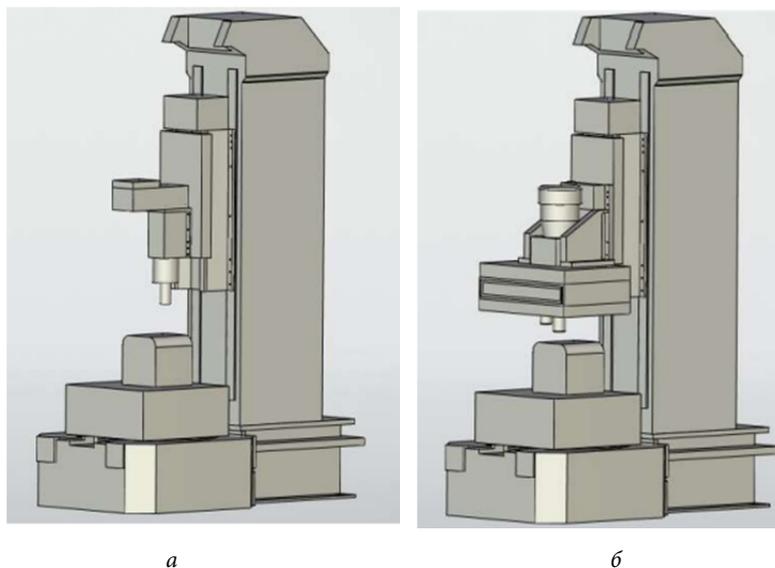
Как показывают исследования, интеграция баз данных с системами управления обеспечивает комплексную автоматизацию, включая как выбор узлов, так и процессы их замены с переналадкой оборудования. Подобная интеграция приводит к значительному сокращению времени переоборудования агрегатных станков.



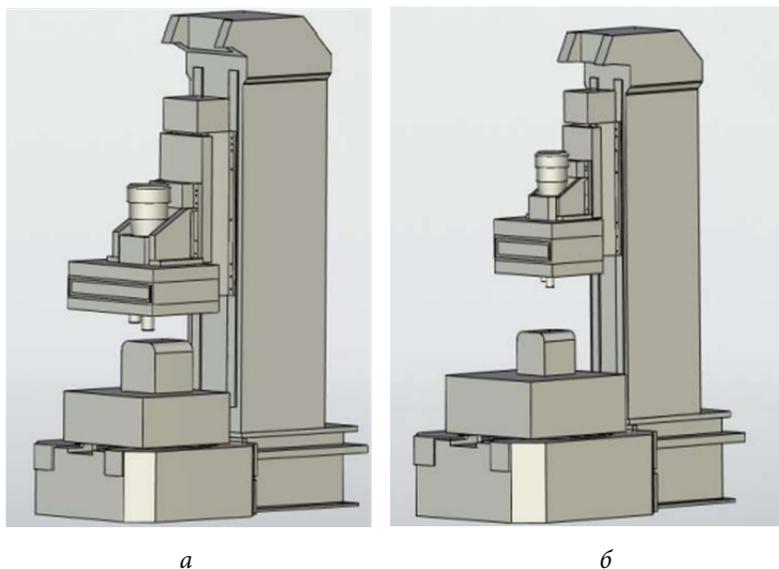
**Рис. 6.** Параметризованная 3D-модель средней одногранной станины моделей UE1326-UE1328

**Демонстрация работы фрагмента автоматизированной системы.** Согласно исследованиям [3, 10], параметрическое моделирование узлов станка осуществляется итеративно с последовательным уточнением конструктивных решений. Использование ранее разработанных элементов позволяет существенно сократить сроки проектирования [14]. Первоначально создается базовый узел резания (исполнение 1, рис. 7, а), который проходит функциональную проверку в составе агрегатного станка. Модернизация оборудования включает замену узла резания (исполнение 2, рис. 7, б), что расширяет технологические возможности станка. Как видно из представленных данных, переход на альтернативное исполнение приводит к изменению габаритных характеристик, обусловленное применением новой кинематической схемы, необходимостью организации дополнительных рабочих зон и особенностями компоновки сопутствующего оборудования [15]. Полученные результаты подтверждают эффективность модульного подхода при проектировании металлообрабатывающих комплексов.

Не менее важным шагом является привязка сборки к масштабу обрабатываемой детали (рис. 8), что необходимо для того, чтобы станок мог эффективно адаптироваться к любому производственному процессу.



**Рис. 7.** Параметризированная 3D-модель сборки агрегатного вертикального сверлильного станка с различными исполнениями:  
*a* — со сверильной бабкой; *б* — с многошпиндельной коробкой



**Рис. 8.** Параметризированная 3D-модель сборки агрегатного вертикального сверлильного станка с различными габаритами обрабатываемой детали:  
*a* — габарит 1; *б* — габарит 2

Правильная настройка масштаба обеспечивает точность обработки и высокое качество конечного продукта. Из всего вышесказанного следует, что процесс подготовки к созданию 3D-сборки включает в себя несколько ключевых этапов — от заполнения базы данных до финальной адаптации станка, каждый из которых играет важную роль в создании эффективного и универсального оборудования.

**Заключение.** Современные требования к производству диктуют необходимость внедрения инновационных решений в области переналадки оборудования. Представленный в статье подход, основанный на применении унифицированных узлов и цифровых технологий, демонстрирует значительные преимущества перед традиционными методами. Практические испытания подтвердили возможность сокращения времени переналадки при сохранении высокого качества обработки.

Как показано в исследованиях, система обеспечивает адаптивность и возможность интеграции в существующие производственные линии. Использование стандартизированных модулей с унифицированными интерфейсами позволяет существенно снизить затраты на модернизацию оборудования. Особое значение имеет динамическая связь между базой данных узлов и системой управления станком, обеспечивающая автоматическую настройку параметров обработки.

Экономический эффект от внедрения системы проявляется не только в сокращении капитальных затрат, но и в оптимизации использования производственных площадей, снижении расходов на обучение персонала. Перспективы дальнейшего развития связаны с интеграцией технологий искусственного интеллекта и промышленного интернета вещей, что позволит вывести автоматизацию производственных процессов на качественно новый уровень.

## Литература

- [1] Брон Л.С., Зайцева А.М., Токарева С.В. Унифицированные узлы агрегатных станков и автоматических линий: каталог. Москва, ЭНИМС, 1983, 137 с.
- [2] Далечин А.С. Специфика создания автоматизированной системы возможных компоновок агрегатных станков при обработке корпусных деталей. СМиС-2023. Технология управления качеством. Междунар. науч.-техн. конф.: матер. Москва, Московский политехнический ун-т, 2023, с. 465–471.
- [3] Далечин А.С. Фрагмент автоматизированной системы подготовки компоновки двустороннего агрегатного станка. СМиС-2024. Технологии управления качеством. Междунар. науч.-техн. конф.: матер. Москва, Московский политехнический ун-т, 2024, с. 367–372.
- [4] Далечин А.С., Феофанов А.Н. Разработка модели подсистемы автоматизированной компоновки агрегатного станка на примере корпусных деталей с

- целью уменьшения трудоемкости проектирования технологического оборудования. Вестник МГТУ «СТАНКИН», 2024, № 1 (68), с. 159–167.
- [5] Розин М.Б., Зданович В.В. Синтез компоновок агрегатных станков. Москва, Машиностроение, 2020, 184 с.
- [6] Федоров А.А., Соловьёв С.Г. Основы автоматизированного проектирования. Санкт-Петербург, Лань, 2020, 272 с.
- [7] Феофанов А.И. Автоматизация процессов переналадки станков. Промышленная автоматизация, 2022, № 3, с. 45–50.
- [8] Феофанов А.Н., Далечин А.С. Алгоритмизация задачи визуализации и синтеза компоновок агрегатных станков. Вестник МГТУ «СТАНКИН», 2023, № 2 (65), с. 115–120.
- [9] Феофанов А.Н., Далечин А.С. Разработка алгоритма фрагмента автоматизированной системы для создания трехстороннего агрегатного станка. Технология машиностроения, 2024, № 7, с. 46–51.
- [10] Феофанов А.Н., Манелюк С.Ю. Разработка системы геометрического моделирования компоновок агрегатных станков. Научная визуализация, 2016, т. 8, № 3, с. 132–144.
- [11] Феофанов А.Н., Потапов А.В. Разработка базы данных унифицированных узлов агрегатных станков. Вестник МГТУ «СТАНКИН», 2009, № 3 (7), с. 8–12.
- [12] Яхимец М.В., Феофанов А.Н. Разработка автоматизированной подсистемы визуализации компоновок станков модульного типа на стадии эскизного проектирования. Вестник МГТУ «СТАНКИН», 2009, № 3, с. 60–65.
- [13] ГОСТ Р 2.105–2019. Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Москва, Стандартинформ, 2019, 32 с.

*Поступила в редакцию 02.06.2025*

**Гречишкина Полина Дмитриевна** — студентка кафедры «Автоматизированные системы обработки информации и управления», ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация.

**Далечин Александр Сергеевич** — аспирант кафедры «Автоматизированные системы обработки информации и управления», ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация.

**Научный руководитель** — Феофанов Александр Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматизированные системы обработки информации и управления», ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация.

**Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:**

Гречишкина П.Д., Далечин А.С. Особенности автоматизированного формирования компоновок вертикально-сверлильного агрегатного станка в пакете прикладных программ T-Flex CAD. *Политехнический молодежный журнал*, 2026, № 01 (102). URL: <https://ptsj.bmstu.ru/catalog/icec/auto/1084.html>

## FEATURES OF AUTOMATED LAYOUT FORMATION OF A VERTICAL DRILLING MACHINE IN THE T-FLEX CAD APPLICATION SOFTWARE PACKAGE

**P.D. Grechishkina**

grishki-p@mail.ru

**A.S. Dalechin**

dalechin.as.99@gmail.com

SPIN-code: 2807-0467

*MSUT "STANKIN", Moscow, Russian Federation*

A study explored an approach to the automated retooling of a vertical drilling unit machine based on modular design and digital technologies. A fragment of an automated system was developed, integrating parametrized 3D models of the machine with a database of standardized units. This allows for the automatic selection of optimal equipment configuration when parameters of the technological system change. The possibility of modifying the machine's cutting units when the product manufacturing process changes was noted. The implementation of this prospective system will reduce the retooling time of the unit machine while maintaining stable processing quality. Development prospects are associated with the integration of artificial intelligence technologies and the Industrial Internet of Things for further process automation.

**Keywords:** machine assembly, automated changeover, modular design, parametric modeling, unified nodes, digital technologies

*Received 02.06.2025*

**Grechishkina P.D.** — student of Department of Automated Information Processing and Management Systems, MSUT "STANKIN", Moscow, Russian Federation.

**Dalechin A.S.** — postgraduate student of Department of Automated Information Processing and Management Systems, MSUT "STANKIN", Moscow, Russian Federation.

**Scientific advisor** — Feofanov A.N., Dr. Sci. (Eng.), Professor of Department of Automated Information Processing and Management Systems, MSUT "STANKIN", Moscow, Russian Federation.

### **Please cite this article in English as:**

Grechishkina P.D., Dalechin A.S. Features of automated layout formation of a vertical drilling machine in the t-flex cad application software package. *Politekhicheskiy molodezhnyy zhurnal*, 2026, no. 01 (102). URL: <https://ptsj.bmstu.ru/catalog/icec/auto/1084.html>