

УДК 621.9.06

DOI: 10.22213/2413-1172-2020-4-39-45

## Разработка многофункционального агрегатного станка для образования и бизнеса\*

**В. Н. Репко**, кандидат технических наук, Воткинский филиал ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Воткинский, Россия

**К. Л. Домнина**, Воткинский филиал ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Воткинский, Россия

**М. Н. Каракулов**, доктор технических наук, доцент, Воткинский филиал ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Воткинский, Россия

**Д. А. Сурнин**, студент, Воткинский филиал ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Воткинский, Россия

*Проблема обеспечения безопасности и непрерывности машиностроительных производств является особенно актуальной в современных условиях изменчивости мира. Неповоротное массивное оборудование постепенно заменяется многозадачными станками, позволяющими быстро развернуть выпуск изделий соответствующего качества с минимальными затратами.*

*Представлены основные этапы разработки нового многофункционального агрегатного станка. Исследование станка проведено с помощью методов системного анализа, построена принципиальная схема с описанием взаимосвязи всех элементов. Станок по конструкции является агрегатным, поэтому большинство деталей и узлов станка стандартизированы, что упрощает его конструирование, проектирование и производство, что не влияет на качество обрабатываемых на станке деталей. На структурной схеме станок представляет собой техническую систему, состоящую из подсистем, – корпуса, оснастки, системы механизации, смазывающе-охлаждающей системы, системы автоматизации, электрообеспечения, которые, в свою очередь, состоят из более мелких элементов.*

*Универсальность разрабатываемого станка заключается в различных схемах сборки. Обеспечивается это конструкцией корпуса, который состоит из одинаковых по конфигурации и размерам блоков. Благодаря этой особенности, корпус можно легко собирать, меняя относительное положение блоков. Так, в зависимости от схемы сборки корпуса можно собирать различные типы станков. Представлены возможные способы сборки и типы собираемых станков для каждой схемы. В зависимости от сферы применения (образование или бизнес) станок будет иметь различные технические и конструктивные параметры, количество схем сборок, показатели производительности, точности, а также различные модификации в автоматизации и системе электрообеспечения.*

**Ключевые слова:** агрегатный станок, техническая система, корпус, оснастка, станина, стойка.

### Введение

**В** условиях изменчивости современного мира и экономики остро стоит вопрос обеспечения безопасности и непрерывности производств во всех сферах [1]. Это требует решения следующих задач.

1. Обеспечить сферу образования универсальным учебным оборудованием.

2. Снабдить малый, средний и крупный бизнес надежным, многофункциональным, недорогим оборудованием, позволяющим экономить производственное пространство и обеспечивающим высокое качество обработки, непрерывность и поточность производства, а также простоту использования и транспортировки.

В области машиностроения в прошлое постепенно уходит неповоротное массивное оборудование, требующее больших производствен-

ных площадей, и становятся востребованными многофункциональные станки, позволяющие развернуть выпуск изделий соответствующего качества с минимальными затратами [2, 3].

Универсальные, специальные и специализированные станки, используемые на производстве, зачастую уже не могут удовлетворить быстро меняющиеся потребности рынка из-за своих недостатков. Так, универсальные станки занимают большие производственные площади, специальные – применяются для обработки одной определенной детали, специализированные станки используются для обработки деталей одной конфигурации в крупносерийном и массовом производствах, так что их нельзя переоборудовать в станки более широкого профиля [4].

В связи с этим перспективным направлением является разработка многофункционального

и многозадачного станка для любого уровня предпринимательства, применение которого позволит оптимизировать технологический процесс. С этой точки зрения наиболее приемлемой видится группа агрегатных станков, которые состоят из нормализованных деталей и узлов, требуют меньших производственных площадей, обеспечивают стабильную точность обработки и могут обслуживаться операторами невысокой квалификации [5].

**Цель исследования** – формирование основ системного подхода к разработке структуры агрегатного металлообрабатывающего оборудования на примере универсального учебного станка.

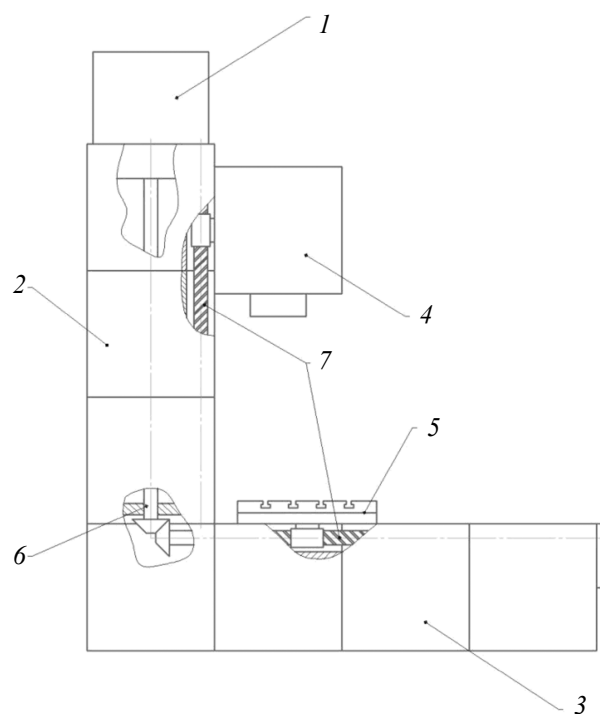
Ввиду планируемой многозадачности разрабатываемого агрегатного станка, следовательно, сложности и многостадийности процессов обработки на нем деталей, его необходимо рассматривать как техническую систему «многофункциональный агрегатный станок», а его изучение проводить с помощью методов системного анализа. Для первичного исследования технических систем такой анализ рекомендует провести построение принципиальной и структурной схем [6, 7].

#### **Принципиальная схема многофункционального агрегатного станка и описание взаимосвязи его элементов**

Принципиальная схема многофункционального агрегатного станка представлена на рис. 1.

Станок является сборно-разборным. Станина и стойка собираются из одинаковых полых корпусов с расположенными на них направляющими (далее – блоки). Каждый такой блок взаимозаменяем и имеет одинаковые по конструкции площадки для жесткого и надежного соединения между собой с помощью специальных креплений. После соединения на эти блоки устанавливаются функционирующие части станка для непосредственной обработки заготовок. Так, например, обрабатывающая головка (далее – ОГ) может приводить во вращательное и поступательное движение инструмент – фрезу или сверло, когда она установлена на вертикальной стойке, собранной из блоков. Эту же ОГ можно установить на горизонтальную станину, тем самым получив из нее переднюю бабку токарного станка. На ее шпиндель можно установить патрон для закрепления в нем заготовки, и ОГ будет вращать не инструмент, а заготовку, подвергаемую обработке. То есть в данном случае ОГ выполняет функцию привода главного движения. На верхний блок стойки устанавливается

главный привод (электродвигатель), мощность которого можно изменять в зависимости от вида обработки и сферы применения. С таким расположением электродвигателя станок не занимает большую производственную площадь. В блоки устанавливаются редукторы, ходовые винты и валы для передачи продольного движения головке и фрезерному столу или суппорту, а также для передачи вращательного движения головке. Суппорт и фрезерный стол устанавливаются на горизонтальную станину и крепятся разъемной гайкой к ходовому винту. ОГ также крепится к ходовому винту, только расположенному вертикально.



*Рис. 1.* Принципиальная схема многофункционального агрегатного станка: 1 – электродвигатель; 2 – стойка, состоящая из блоков; 3 – станина, состоящая из блоков; 4 – обрабатывающая головка; 5 – фрезерный стол; 6 – ходовой вал, передающий вращение на все части станка; 7 – ходовые винты, обеспечивающие движение подачи фрезерного стола и головки

*Fig. 1.* Schematic diagram of a multifunctional aggregate machine: 1 - an electric motor; 2 - a rack consisting of blocks; 3 - a bed consisting of blocks; 4 - a processing head; 5 - a milling table; 6 - a running shaft transmitting rotation to all parts of the machine; 7 - way screws that ensure the feed movement of the milling table and head

#### **Структурная схема многофункционального агрегатного станка**

В структурной схеме техническая система делится на конечное число подсистем до получения простейших элементов [8–10]. Техническая система «многофункциональный аг-

регатный станок» состоит из следующих подсистем.

*Корпус.* Данная подсистема состоит из вышеупомянутых блоков одинаковой конструкции, из которых будет собираться станина и стойка, и также включает корпус обрабатывающей головки. Все они служат для того, чтобы устанавливать в них механизмы, приводящие в движение различные части станка, необходимые для обработки заготовки. Станина и стойка, как было сказано выше, служат основой для установки на него оснастки и обрабатывающей головки.

*Оснастка.* Подсистема служит для установки в нее заготовки или режущего инструмента. В эту подсистему входят такие элементы, как стол фрезерный, суппорт, резцедержатель/револьверная головка, задняя бабка, патроны (сверлильные, фрезерные, токарные) и режущие инструменты (фрезы, сверла, резцы).

*Система механизации.* В эту подсистему входят механизмы, которые предназначены для обеспечения главного движения станка (движения инструмента или заготовки) и подачи инструмента. Элементами подсистемы являются: ходовой вал, ходовые винты, наборы зубчатых колес, стандартные редукторы. Кроме этого в систему входят коробки скоростей и подач.

*Смазывающе-охлаждающая система.* Подсистема служит для внутренней смазки и охлаждения механизмов и обрабатываемой детали. Сюда входят следующие элементы: насосы для подачи масла и смазывающе-охлаждающей жидкости (СОЖ), баки для хранения СОЖ и масла, трубки для подвода СОЖ и масла в необходимое место.

*Система автоматизации.* Подсистема предназначена для автоматизации процесса обработки заготовки и разбивается на элементы: общий компьютер, устройства для автоматизации обработки.

*Электрообеспечение.* В подсистему входят устройства, обеспечивающие станок электроэнергией. В систему входят: электродвигатель, устройства системы питания и электропривода подач.

Обобщенная структурная схема технической системы «многофункциональный агрегатный станок» с учетом разбивки по времени и порядку функционирования вышеуказанных технологических подсистем, представлена на рис. 2.

В приведенной технической системе внешние возмущающие воздействия представляют конечное одномерное множество компонентов:

$$Z = \{\bar{z}_1, \bar{z}_2, \dots, \bar{z}_m\}, \quad (1)$$

где  $m$  – количество возмущающих воздействий.

Каждый компонент, в свою очередь, является вектором. Данная группа факторов косвенно влияет на функционирование системы и, как правило, является неуправляемой в рассматриваемый период времени. К ним относятся характеристики окружающей среды: температура, давление, влажность в цехах; характеристики оборудования: степень износа, возникающие вибрации, температура нагревания частей станка и его деталей и др.

Управляющее воздействие представляется в системе вектором

$$\bar{W} = \{w_1, w_2, \dots, w_p\}, \quad (2)$$

где  $p$  – количество управляющих воздействий.

Управляющее воздействие на систему передается через органы управления оборудованием. Результатом этого воздействия является изменение параметров функционирования как отдельных элементов, так и всей системы в целом.

Результат реализации работы технической системы и подсистем представляется в виде параметров готового продукта, численно характеризующих его качество:

$$\bar{Y} = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}, \quad (3)$$

где  $n$  – количество выходных параметров продукта.

Параметры готового продукта – это показатели характеристик готовой детали, которые достигаются при строгом соблюдении технологических режимов с учетом особенностей всех остальных элементов.

Результатом работы технической системы является получение детали, которая представляется в виде набора характеристик, полученных в результате поточной работы подсистем и элементов. Значения геометрических и физико-механических характеристик готового изделия достигаются при соблюдении технологических режимов с учетом особенностей всех элементов.

Универсальность разрабатываемого станка заключается в различных схемах сборки. Так, в зависимости от схемы сборки корпуса можно собирать различные типы станков. В таблице представлены возможные способы сборки и типы собираемых станков для каждой схемы.

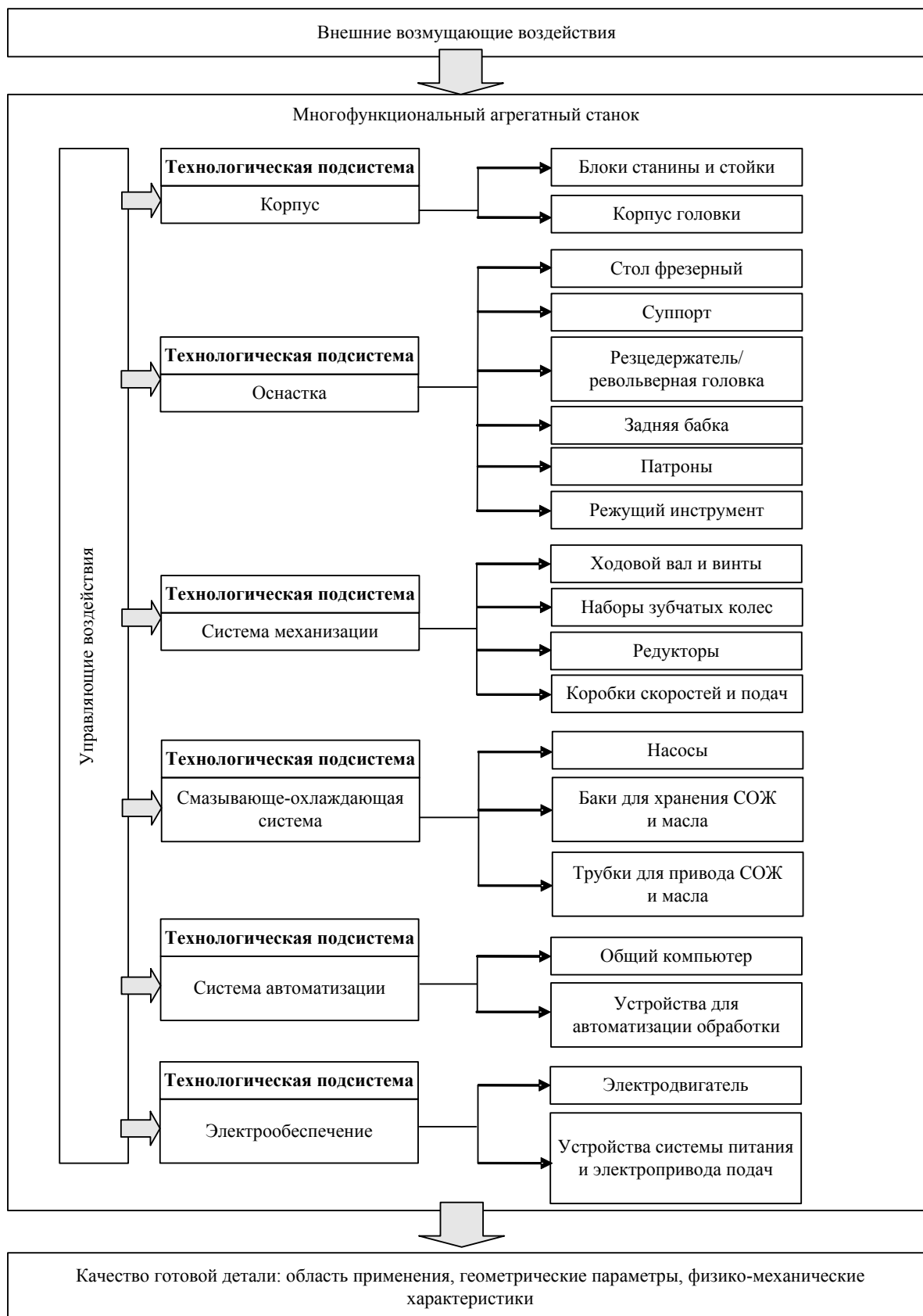


Рис. 2. Структурная схема технической системы «многофункциональный агрегатный станок»

Fig. 2. Structural diagram of the technical system “multifunctional aggregate machine”

Варианты схем сборки станка

Machine assembly options

№ варианта	Схема сборки станка	Тип разрабатываемого станка
1	<p>1 – электродвигатель (an electric motor); 2 – стойка (a rack); 3 – станина (a bed); 4 – обрабатывающая головка (a processing head)</p>	Вертикально-фрезерный, вертикально-сверлильный, расточной
2	<p>1 – электродвигатель (an electric motor); 2 – стойка (a rack); 3 – станина (a bed); 4 – обрабатывающая головка (a processing head)</p>	Расточной, строгальный, вертикально-сверлильный, вертикально-фрезерный
3	<p>1 – электродвигатель (an electric motor); 2 – станина (a bed); 3 – обрабатывающая головка (a processing head)</p>	Токарный
4	<p>1 – электродвигатель (an electric motor); 2, 3 – станина (a bed); 4 – обрабатывающая головка (a processing head)</p>	Горизонтально-сверлильный, горизонтально-фрезерный, расточной
5	<p>1 – электродвигатель (an electric motor); 2 – станина (a bed); 3 – обрабатывающая головка (a processing head); 4 – устройство для захвата протяжки (broach capture device)</p>	Протяжной

*Примечание.* Все схемы представлены в упрощенном виде. Станина и стойка состоят из блоков. Данные схемы сборки являются основными, но возможно обеспечить станок бóльшим количеством схем.

### Заключение

Для решения поставленных задач станок имеет разную степень универсальности. Так, для школ, техникумов и университетов достаточно использовать 2 схемы сборки, например, схемы 1 и 3. Для малого и среднего бизнеса необходимо увеличить универсальность станка и использовать от 2 до 3 основных схем сборки, таких как 1, 2, 3 или 2, 3, 4. Для станков, используемых в крупном производстве, можно использовать 5 или более схем сборки. Для каждой сферы применения выбирается главный привод (электродвигатель) необходимой мощности. В крупном бизнесе электродвигатель можно менять в зависимости от требуемой мощности главного привода.

В зависимости от области применения станок может иметь разную степень автоматизации. Для крупного производства станок можно обеспечить навесными автоматизирующими устройствами и компьютером, в который можно загрузить программу по обработке изделий.

Простая конструкция, компактность, достаточная жесткость, надежность и виброустойчивость, а также низкая планируемая стоимость разрабатываемого многофункционального агрегатного станка позволит решить проблемы с простым оборудованием, его транспортировкой и получением деталей требуемого качества. Большинство деталей и узлов агрегата стандартизированы, и, следовательно, упрощается конструирование, проектирование и производство таких станков.

### Библиографические ссылки

1. Михеева М. В. Основные направления обеспечения экономической безопасности России в современных условиях // Вестник Академии Следственного комитета Российской Федерации. 2016. № 2 (8). С. 146–150.
2. Долгова И. В., Кавтарев А. Р., Рябых Г. Р. Импортное станкостроение как ориентир для развития отечественной отрасли // Гуманитарный вестник. 2016. № 6 (44). С. 1–5.
3. Zivanovic S., Glavonjic M., Kokotovic B. [Development of Multifunctional Reconfigurable Desktop Machine Tool with Hybrid Kinematics]. *Technics - Mechanical Engineering*, 2015, pp. 71-80. DOI: 10.5937/tehnika1502261Z.
4. Черпаков Б. И. Металлорежущие станки. М. : Академия, 2003. 368 с.
5. Металлорежущие станки / Н. С. Ачеркан, А. А. Гаврюшин, В. В. Ермаков, Н. В. Игнатьев. 2-е изд., перераб. М. : Машиностроение, 1965. Т. 1. 767 с.
6. Бальцер Д., Вайсс В., Викторов В. К. Химико-технологические системы. Синтез, оптимизация

и управление / под ред. И. П. Мухленова. Л. : Химия, 1986. 424 с.

7. Глушченко В. В. Анализ систем технического сервиса товаров высокотехнологичного машиностроения // *Kazakhstan Science J.* 2019. Т. 2. № 10 (11). С. 83–104.

8. Сергеев А. Г., Петрешин Д. И. Структура системы управления шлифовально-заточного станка // Молодые ученые – ускорению научно-технического прогресса в XXI веке : сборник материалов IV Всероссий. науч.-техн. конф. аспирантов, магистрантов и молодых ученых с международным участием / под общ. ред. А. П. Тюрина, Ю. В. Зубковой. Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2015. С. 114–117.

9. Елисеев С. В., Большаков Р. С., Ситов И. С. Возможности структурного математического моделирования в оценке динамических свойств технологических вибрационных машин // *Системы. Методы. Технологии.* 2019. № 1 (41). С. 7–15.

10. Структурные схемы измерительных устройств систем контроля и управления / Д. А. Аржаев, О. Н. Бодин, В. Г. Полосин, Д. И. Нефедьев, А. Г. Убиенных // *Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль.* 2016. № 1 (15). С. 24–30.

### References

1. Mikheeva M.V. [The main directions of ensuring the economic security of Russia in modern conditions]. *Vestnik Akademii Sledstvennogo Komiteta RF*, 2016, no. 2, pp. 146-150 (in Russ.).
2. Dolgova I.V., Kavtarev A.R., Ryabykh G.R. [Import machine tool industry as a guideline for the development of the domestic industry]. *Gumanitarnyi vestnik*, 2016, no. 6, pp. 1-5 (in Russ.).
3. Zivanovic S., Glavonjic M., Kokotovic B. Development of Multifunctional Reconfigurable Desktop Machine Tool with Hybrid Kinematics. *Technics - Mechanical Engineering*, 2015, pp. 71-80. DOI: 10.5937/tehnika1502261Z.
4. Cherpakov B.I. *Metallorazhuschie stanky* [Metal cutting machines]. Moscow, Akademiya Publ., 2003, 368 p. (in Russ.).
5. Acherkan N.S., Gavrushin A.A., Ermakov V.V., Ignat'ev N.V. *Metallorazhuschie stanky* [Metal cutting machines]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1965, 767 p. (in Russ.).
6. Bal'tser D., Vayss V., Viktorov V.K. *Khimiko-tekhnologicheskiye sistemy. Sintez, optimizatsiya i upravleniye* [Chemical and technological systems. Synthesis, optimization and management]. Leningrad, Khimiya Publ., 1986, 424 p. (in Russ.).
7. Glushchenko V.V. [Analysis of technical service systems for high-tech engineering products]. *Kazakhstan Science J.*, 2019, vol. 2, no. 10, pp. 83-104 (in Russ.).
8. Sergeev A.G., Petreshin D.I. *Struktura sistemy upravleniya shlifoval'no-zatochnogo stanka* [Structure of the control system of the grinding machine]. *Molodyye uchenyye - uskoreniiyu nauchno-tekhnicheskogo progressa v XXI veke: sbornik materialov IV Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii aspirantov, magistrantov i molodykh uchenykh s mezhdunarodnym*

*uchastiyem* [Proc. of the IV All-Russian scientific and technical conference of graduate students, undergraduates and young scientists with international participation “Young scientists to accelerate scientific and technological progress in the XXI century”]. Izhevsk, IzGTU Publ., 2015, pp. 114-117 (in Russ.).

9. Yeliseyev S.V., Bol'shakov R.S., Sitov I.S. [The possibilities of structural mathematical modeling in the

assessment of dynamic properties of technological vibration machines]. *Sistemy. Metody. Tekhnologii*, 2019, no. 1, pp. 7-15 (in Russ.).

10. Arzhayev D.A., Bodin O.N., Polosin V.G., Nefed'yev D.I., Ubiyennykh A.G. [Structural diagrams of measuring devices of control and management systems]. *Izmereniye. Monitoring. Upravleniye. Kontrol'*, 2016, no. 1, pp. 24-30 (in Russ.).

### Development of a Multifunctional Aggregate Machine for Education and Business

V.N. Repko, PhD in Engineering, Votkinsk Branch of Kalashnikov ISTU, Votkinsk, Russia

K.L. Domnina, Votkinsk Branch of Kalashnikov ISTU, Votkinsk, Russia

M.N. Karakulov, DSc in Engineering, Associate Professor, Votkinsk Branch of Kalashnikov ISTU, Votkinsk, Russia

D.A. Surnin, Student, Votkinsk Branch of Kalashnikov ISTU, Votkinsk, Russia

*The problem of ensuring the safety and continuity of machine-building industries is particularly relevant in today's changing world. Massive equipment is gradually being replaced by multitasking machines, allowing to expand quickly the production of products of the appropriate quality anywhere with minimal cost. The paper presents the main stages of development of a new multifunctional aggregate machine. The study of the machine was carried out using methods of system analysis; and a schematic diagram describing the relationship of all elements was developed. Most parts and components of the machine are standardized, which simplifies its construction, design and production. In the structural diagram, the machine is a technical system consisting of subsystems: body, equipment, mechanization system, lubricating and cooling system, automation system, power supply, which in turn are divided into smaller elements. The universality of the developed machine lies in various assembly schemes. So, depending on the assembly scheme of the body, it is possible to assemble various types of machines. In the paper the possible assembly methods and types of assembled machines for each scheme are presented. Depending on the application - for education or for business - the machine will have various modifications in automation and the electrical system.*

**Keywords:** aggregate machine, technical system, body, equipment, bed, rack.

Получено 01.06.2020

#### Образец цитирования

Разработка многофункционального агрегатного станка для образования и бизнеса / В. Н. Репко, К. Л. Домнина, М. Н. Каракулов, Д. А. Сурнин // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2020. Т. 23, № 4. С. 39–45. DOI: 10.22213/2413-1172-2020-4-39-45.

#### For Citation

Repko V.N., Domnina K.L., Karakulov M.N., Surnin D.A. [Development of a Multifunctional Aggregate Machine for Education and Business]. *Vestnik IzhGTU imeni M.T. Kalashnikova*, 2020, vol. 23, no. 4, pp. 39-45 (in Russ.). DOI: 10.22213/2413-1172-2020-4-39-45.