



Научноёмкие технологии в машиностроении. 2024. №4 (154). С.41-48.
Science intensive technologies in mechanical engineering. 2024. №4 (154). P.41-48.

Научная статья
УДК 621.71; 621.865.8; 629.33
doi: 10.30987/2223-4608-2024-41-48

Высокотехнологичное автосборочное производство

Любовь Николаевна Иванова¹, к.т.н.

Сергей Евгеньевич Иванов², к.ф.-м.н.

¹ Санкт-Петербургский морской государственный технический университет,
Санкт-Петербург, Россия

² Национальный исследовательский университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия

¹ 45is@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6880-0897>

² serg_ie@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2366-9458>

Аннотация. В современном автомобильном производстве для всех четырех основных производственных этапов: прессовое, сварочное, покрасочное и сборочное производство широко применяются высокотехнологичные роботизированные комплексы и автосборочные линии. В работе рассматривается высокотехнологичное автосборочное производство с внедрением промышленных роботов-манипуляторов. Проведены исследования эффективности и производительности автомобильного производства при использовании роботизированной сборки. Представлен краткий обзор научных работ по автоматизации производства с применением роботизированных комплексов. В состав рассмотренных роботизированных комплексов входят различные роботы: сборщики, манипуляторы, вспомогательные роботы. Срок окупаемости роботизированного комплекса составляет от трех до пяти лет. Роботизированные комплексы успешно применяются на различных заводах, на заводе Volkswagen применяются 115 роботов, на заводе Renault – 112 роботов, на заводе Nissan – 106 роботов. Средний временной период сборки одного базового изделия автомобиля на заводе составляет 25 ч. Рассмотрены основные характеристики роботизированной автомобильной сборки: такт сборочной линии; темп выпуска изделий; коэффициент загрузки сборочной линии. Оценивается влияние основных характеристик сборочной линии на производительность в роботизированном автомобильном производстве. Результаты показывают увеличение выпуска изделий до 10 % при повышении коэффициента загрузки на одну десятую. Расчет эффективности роботизированной линии сборки в автомобильном производстве показывает, что за пять лет прирост чистой прибыли только от одной роботизированной линии сборки, составит около пяти миллионов рублей. Кроме того, существенно увеличится производительность выпуска изделий при роботизации сборки в автомобильном производстве. Также показана эффективность применения роботизированной линии сборки в автомобильном производстве.

Ключевые слова: высокотехнологичное производство, автомобильное производство, роботизированная сборка, промышленные роботы, роботы-манипуляторы, автоматизация производства

Для цитирования: Иванова Л.Н., Иванов С.Е. Высокотехнологичное автосборочное производство // Научноёмкие технологии в машиностроении. 2024. № 4 (154). С. 41–48. doi: 10.30987/2223-4608-2023-41-48

High-tech incomplete vehicle production

Lyubov N. Ivanova¹, Ph.D. Eng.

Sergey E. Ivanov², Ph.D. Eng.

¹ St. Petersburg Maritime State Technical University, St. Petersburg, Russia

² National Research University IPMO, St. Petersburg, Russia

¹ 45is@mail.ru

² serg_ie@mail.ru

Abstract. In modern automotive production, high-tech robotic complexes and assembly lines are widely used for all four main production stages: pressing, welding, coating and assembly. The paper views industrial robot-assisted high-tech incomplete vehicle production using robotic manipulators. Studies have been conducted on the efficiency and productivity of automotive production through the use of a robotic assembly. Studies have been conducted on the efficiency and productivity of automotive production using a robotic assembly. A brief overview of scientific works on automation of production using robotic systems is presented. The discussed robotic complexes include various robots: assemblers, manipulators, auxiliary robots. The payback period of the robotic complex ranges from three to five years. Robotic complexes are successfully used in various factories, e.g. 115 robots are used at Volkswagen, 112 robots are used at Renault, 106 robots are used at Nissan. The average time period for assembling one basic vehicle product at the factory is 25 hours. The main characteristics of a robotic automobile assembly such as cycle of the assembly line; work pace; assembly line load factor are viewed. The influence of the main characteristics of the assembly line on productivity in robotic automotive production is estimated. The results show an increase in product output of up to 10% with an increase in the load factor by one tenth. The robotic assembly line efficiency calculation for automotive production shows that within five years the increase in net profit when using just one robotic assembly line will amount to about five million rubles. In addition, the output of products will significantly increase with RPA in automotive production. The effectiveness of using a robotized assembly line in automotive production is also shown.

Keywords: high-tech manufacturing, automotive production, robotic assembly, industrial robots, robotic manipulators, manufacturing automation

For citation: Ivanova L.N., Ivanov S.E., High-tech incomplete vehicle production / Science intensive technologies in mechanical engineering. 2024. № 4 (154). P. 41–48. doi: 10.30987/2223-4608-2023-41-48

Введение

При современном развитии технологий производства появляются способы автоматизации значительной части процесса сборки в автомобильном производстве. Кроме того, современные методы позволяют компенсировать рутинный человеческий труд. Промышленные роботы-манипуляторы привлекаются для выполнения основных и вспомогательных технологических операций как по сборке, так и для установки деталей. При использовании роботизированных комплексов возможно собирать детали и узлы сложной геометрической формы с небольшим количеством переустановок, что, в свою очередь, повышает качество сборки. Вместе с тем, применяя роботы-манипуляторы, можно сделать более комфортными условия труда человека, а также снизить уровень профессиональных заболеваний. Основная цель работы выполнить оценку влияния применения промышленных роботов-манипуляторов в автосборочном производстве.

Процесс производства автомобиля с помощью роботизированных комплексов состоит из четырех основных производственных этапов: пресовое, сварочное, покрасочное и сборочное

производство. Первые три этапа производства практически полностью автоматизированы. В сборочном производстве автоматизация может достигать 10...30 % из-за большой сложности сборочных технологических операций. Следует отметить, что срок окупаемости роботизированного комплекса составляет от трех до пяти лет. В процессе сборки роботы-манипуляторы перемещают с транспортного конвейера крупные и тяжелые детали. Для подачи деталей на конвейер используются автоматические транспортеры, в частности, для непрерывной сборки в зависимости от конкретных технологических параметров применяют конвейер либо с непрерывным, либо с периодическим движением. Временной период между выпуском двух готовых автомобилей машин отражает такт сборки. Если используется поточная сборка, то на каждом рабочем месте последовательно выполняется конкретная сборочная операция, причем с общей синхронизацией и со сборочным циклом. Важно отметить, что каждая сборочная операция с использованием роботизированного комплекса планируется с доскональной точностью, буквально до секунды. Чтобы обеспечить непрерывность сборки, тысячи различных деталей поступают на сборочную линию синхронно.

Автоматизация в автосборочном производстве

Роботы на производственных линиях собирают различные компоненты изделия, производят манипуляции по подъему и точному размещению деталей. Конечный эффектор, рабочий орган манипулятора, как правило, включает в себя различные захваты. Важно, что сборочные роботы закрепляют детали с помощью датчиков силы и крутящего момента при установке детали. Роботизированная сборочная линия в автомобильном производстве включает в себя различные конвейерные роботы. Некоторые из этих роботов устанавливают, например, автокресла, другие – стекла в автомобиле. Самые важные части автомобиля, такие как кузов, двигатель, ходовая часть, электрооборудование содержат в себе огромное количество деталей элементов и узлов. Этот список элементов обязательно приводится в техническом описании инструкции автомобиля в соответствии с комплектацией.

Следует обратить внимание, что производство автомобиля стартует с прессового производства, далее, на этапе сварочного производства, приваривается кузов, осуществляется покраска. Затем следует этап сборочного производства, собираются шасси, двигатель, трансмиссию, рулевой механизм, ведущий мост, подвеску, ось, ступицу колеса и тормоза на линии оснастки двигателя. После этого уже собираются трансмиссия, генератор, гидроусилитель руля, радиатор, вентилятор и приводные ремни. Следующий шаг – собранный двигатель устанавливается на место, потом монтируется передний блок автомобиля: радиатор, декоративные решетки, фары, после чего устанавливаются колеса, сиденья, аккумулятор, бамперы и другие функциональные компоненты.

На современных промышленных предприятиях и заводах сборочных комплексов есть множество наглядных примеров продуктивного использования роботов манипуляторов. Следует отметить, что роботизированные сборочные комплексы успешно применяются на таких заводах, как Volkswagen применяются 115 роботов, на заводе Renault – 112 роботов, на заводе Nissan – 106 роботов. Приведем автомобильное производство на конкретном заводе Volkswagen.

Данное предприятие осуществляет производство известных во всем мире модели

автомобилей Golf, Tiguan, Touran. Площадь сборочного цеха завода предприятия Volkswagen достигает почти пятьдесят семь тысяч квадратных метров. Технологический комплекс включает 69 роботов, внедрено 48 манипуляторов. В технологическом процессе есть шаг, когда окрашенный кузов по конвейеру поступает в сборочный цех. Обязательная информация о комплектации, двигателе, коробке передач, которая необходимая для осуществления сборки передается посредством штрих-кода. Нужно отметить, что благодаря этой информации устанавливается около восьми тысяч компонентов кузова и интерьера. После этого, оборудуется кабина водителя и монтируется электропроводка, затем кузов подключается к трансмиссии. И уже дальнейшим шагом проводится установка следующих элементов: приборная панель, сиденья, руль, подушки безопасности, после чего устанавливаются стекла, тормозные магистрали, бамперы и колеса. Готовые двери с остеклением монтируются на последнем конечном этапе.

На заводе Renault робототехнический комплекс включает в себя около 110 роботов. В сварочном цехе производственный технологический процесс стартует со сварки панелей кузова на стапеле. Установка, монтирование и сварка деталей кузова проводится с помощью роботов. При этом, нужно отметить, осуществляется автоматический контроль геометрии собранного кузова автомобиля по 16000 точкам. На втором шаге производится автоматизированная покраска и осмотр кузова. Затем шасси и кузов, обязательно синхронно, поставляются и собираются с разных транспортных конвейеров, после чего все детали уже устанавливаются на конвейер. Далее последовательно монтируется дополнительное оборудование, собирается салон и заливается жидкость. Временной период сборки одного базового изделия автомобиля на заводе – 25 ч.

Посмотрим автомобильное производство на заводе Nissan. На складском участке комплектующих завода находятся тысячи деталей необходимых для сборки изделий. Обращает на себя внимание использование роботизированных тележек с автопилотом для автоматизированной доставки. Также с помощью роботизированных комплексов кузов сваривается из штампованных деталей в кузовном цехе. После этого, следующим этапом в покрасочном цехе проводится роботизированная покраска кузова. Собранный в сборочном цехе двигатель поступает на конвейер, где монтируется в

кузов. Важно, что передняя панель кабины отдельно собирается роботами-манипуляторами в кабину, при этом часть сборки производится вручную. Двери с остеклением монтируются уже на последнем этапе. Временной период сборки одного базового изделия автомобиля на заводе – 25 ч. В год собирается тридцать шесть тысяч автомобилей, максимальная мощность завода может составить до ста тысяч автомобилей в год.

Нужно отметить, что вопросам технологических процессов роботизированного производства посвящено множество современных научных работ. Приведем краткий обзор научных работ автоматизации производства с применением роботизированных комплексов.

Обзор научных работ автоматизации производства

Работа Ахатова Р.Х. [1] посвящена автоматизации сборки на заводе с применением промышленного робота Kuka KR и лазерного трекера. В статье [2] представлены результаты разработки модернизированной концепции обеспечения статистически управляемых процессов контроля и мониторинга качества электрокомпонентов в автосборочном производстве. Существующая насыщенность производственного процесса инструментами мониторинга и контроля качества электрокомпонентов имеет явную недостаточность с точки зрения обеспечения процесса контроля качества электрокомпонентов в составе системы электрооборудования.

Работа [3] отражает вопросы по автоматизированному производству в автомобильной промышленности, связанные с Индустрией 4.0. Очевидна необходимость рассмотреть конкретные технологии, связанные с Индустрией 4.0, такие как передовые роботизированные устройства, 3D-печать, интернет вещей или автоматизированное производство, которые последовательно и неуклонно внедряются в производственные компании. Выполнена выборка, в которую вошли производственные компании автомобильного сектора стран, ключевых игроков мирового рынка производства автомобилей. Для сбора данных используется электронная анкета, в которой сформулированы вопросы согласно теоретическому обзору предыдущих исследований и исследований. Сделаны два предположения, исследования и проверка проводилась с помощью оценки

среднего уровня использования технологий. Помимо этого, проанализирован уровень внедрения технологий автоматизации и других технологий Индустрии 4.0. Результаты отражают высокую частоту использования датчиков, программируемых устройств и промышленных роботов.

Интеллектуальная автоматизация (ИА) [4] в автомобилях включает в себя автоматизацию роботизированных процессов и искусственный интеллект, что отражает цифровую трансформацию в автономных транспортных средствах. ИА имеет тенденцию полностью заменить человека автоматизацией, повысив при этом безопасность и интеллектуальность движения транспортных средств. В исследовании речь идет о новейших инновационных методологиях, проведен сравнительный анализ методов, которые используют искусственный интеллект, машинное обучение и IoT (интернет вещей) в автономных транспортных средствах. Необходимо продумать и осознать технологии снижения риска при переходе от ручного управления к автоматизации процесса. Более того, не маловажные стандарты безопасности и вопросы кибербезопасности, конфиденциальности, автономности транспортных средств требуют не менее пристального рассмотрения. Описаны и перечислены преимущества автономных технологий изучения искусственного интеллекта как важного критерия в управлении транспортными средствами в перспективе. Учеными, исследователями, предприятиями изучаются и создаются инструменты, максимально эффективные структуры для автономных транспортных средств. Достаточно подробно показаны области применения автономных грузовых автомобилей, автобусов и легковых автомобилей, а также шаттлов, вертолетов и подземных транспортных средств

В работе [5] приводится анализ технологии механической автоматизации в автомобильном производстве. Чтобы противостоять жесткой рыночной конкуренции в области автомобильной промышленности, идти в ногу с потребительскими требованиями, необходимо решить вопросы повышения эффективности, более стабильного качества и получения большого конкурентного преимущества. В этом аспекте, автоматизация – важная тенденция в автомобильной промышленности, опора современной промышленности, большой потенциал применения во многих областях. Применение технологии автоматизации предлагает

новые идеи для перспективного развития автомобильной промышленности.

В работе [6] рассматривается применение технологий автоматизации в производстве автомобильного оборудования. Современные технологии становятся все более высокотехнологичными в различных сферах, активно применяются соответствующие передовые технологии. Благодаря применению высокоточной техники автоматизации все работы проводятся непрерывным процессом в соответствии с установленными компьютерными программами. Количество ошибок, вызванных человеческим фактором, сокращается, скорость прохождения – значительно повышается. Работники машиностроительного производства применяя наиболее подходящую технологию автоматизации в соответствии с реальными условиями, интегрируя свой ценный опыт работы с совершенно новыми технологиями автоматизации, смогут сделать всю работу более качественной, сэкономят время производства деталей, упорядочить работы по сборке и обработке

В работе [7] рассматривается автоматизация в автомобильной промышленности. Почти все крупные производители автомобилей такие как BMW, Ferrari, Tesla, Honda и Lamborghini применяют автоматические процессы, в том числе роботизированные манипуляторы, сортировщики объектов, мобильные роботы и 3D-принтеры для увеличения производства автомобильных деталей. Машины 3D-печати применяются для изготовления различных сложных деталей с полной автоматизацией процесса, причем самая серьезная проблема при внедрении автоматизации – высокие первоначальные затраты.

В работе [8] рассмотрена цифровизация автомобильного производства. Сегодня ситуация в автомобильной промышленности характеризуется множеством инженерных инструментов с разнообразными собственными форматами. Особенное внимание уделено автоматизированному созданию процессов сборки и сборочных ресурсов на примере деталей автомобильного кузова. В рамках производственной концепции выполняется планирование последовательности соединений и крепежных элементов для конкретного продукта. Главное преимущество высокой степени автоматизации – возможность автоматически находить различные специализированные инженерные инструменты.

В работе [9] рассмотрено применение промышленных роботов на автоматизированных производственных линиях на фоне интеллектуального производства. Делается акцент на том, что промышленные роботы по праву являются высокотехнологичным продуктом современного общества. Технологии промышленных роботов широко используются в автоматизированных производственных линиях, что позволяет заметно повысить эффективность промышленного производства, способствует экономическому развитию, в частности, обрабатывающей промышленности. Вместо ручного труда для выполнения различных сложных производств и операций применяется автоматизация промышленного производства. Проанализировано применение промышленных роботов на автоматизированных производствах, изучены будущие направления перспективы развития обрабатывающей промышленности.

В работе [10] разработаны математические модели динамики манипуляционных роботов, которые применяются в технологических процессах сборки изделий. В статье [11] представлены результаты разработки и реализации цифрового комплекса управления качеством в автосборочном производстве. Предложен подход по выбору операций для первоочередного перевооружения на умный инструмент (гайковерт). Предложена информационная система мониторинга качества выполнения сборочных операций.

В работе [12] представлены методы оптимизации режимов движения манипулятора в автоматизированном технологическом процессе сборочного производства. В статье [13] рассматривается вопрос применения статистических инструментов управления качеством на примере корпоративных стандартов отечественных компаний ПАО «АВТОВАЗ» и ПАО «КАМАЗ». Переход на новую для российского производства систему управления качеством процессов предприятия и выпускаемой продукции предполагает анализ используемых нормативных документов, обеспечивающих воспроизводимость процессов предприятия. Предметом исследования являются документы СМК, стандарты компаний и регламенты управления производственными процессами, планы управления и контрольные карты. Приведен зарубежный опыт компаний в сфере внедрения технологий цифровизации.

В работе [14] рассмотрены технологические процессы сборки изделий автомобильного

производства с внедрением робототехнического комплекса и применением гибридного метода оптимизации режимов движения роботов-манипуляторов. В статье [15] представлены результаты исследования проблемы развития цифровых инструментов управления качеством и примеры их реализации в автосборочном производстве.

Необходимо отметить, в большинстве научных работ исследуются и рассматриваются только частные задачи, которые влияют на отдельные параметры в автоматизации производства.

Вначале рассмотрим влияния роботизированной сборки на производительность автомобильного производства.

Результаты оценки влияния роботизированной сборки на производительность автомобильного производства

Выполним оценку влияние роботизации на производительность в автосборочном производстве. Рассмотрим такт сборочной линии. Он определяет время выхода с конвейера готового изделия и рассчитывается по формуле:

$$T = (kF) / P, \quad (1)$$

где T – такт сборочной линии в минутах; F – суммарное рабочее время за месяц, в минутах; k – коэффициент рабочего времени; P – план выпуска готовых изделий за месяц, в штуках.

Для производства 3000 автомобилей в месяц такт сборочной линии равен 3,0 мин.

Рассмотрим темп выпуска сборочной линии. Он определяет число готовых изделий с конвейера в единицу времени и рассчитывается по формуле:

$$X = P / (kF). \quad (2)$$

В автосборочном производстве темп выпуска равен 1/3 изделия в 1 мин.

Рассмотрим коэффициент загрузки. Он определяет загруженность рабочего места на роботизированной операции и рассчитывается по формуле:

$$n = t / (Tq). \quad (3)$$

где t – продолжительность операции; q – число роботов на операции.

При такте полминуты отмечается высокая загрузка 95 % роботизированного сборочного участка. Статистические результаты показывают увеличение выпуска изделий до 10 % при повышении коэффициента загрузки на 0,1. Применение роботизированного комплекса позволит увеличить производительность выпуска.

Далее оценим эффективность роботизированной линии сборки.

Эффективность роботизированной линии сборки

Выполнен расчет прироста прибыли по результатам внедрения в технологический процесс сборки роботизированного комплекса.

Роботизированный комплекс состоит из манипулятора, робота-сборщика и стоит 8,0 млн. руб. Доставка и монтаж комплекса стоит 200 тыс. руб. Капитальные вложения – 8200 тыс. руб. Гарантийный срок применения роботизированного комплекса составляет пять лет. Амортизация роботизированного комплекса в год – 1640 тыс. руб. По истечении гарантийного срока эксплуатации роботизированный комплекс продается за 20 % стоимости – 1600 тыс. руб.

Посчитаем экономию от внедрения роботизированного комплекса.

Два высококвалифицированных работника сборочной линии освобождаются с зарплатой по 100 тысяч рублей. Зарплата каждого работника увеличивается на 5,0 % в год. За пять лет суммарная оплата труда составит 13261 тыс. руб.

Страховые взносы составят 3978 тыс. руб.

Экономия по охране труда составит 330 тыс. руб. Затраты на отопление и кондиционирование составят 272 тыс. руб. Экономия по снижению брака составит 280 тыс. руб. Затраты по больничным составят 552 тыс. руб. В итоге за пять лет экономия составит 18563 тыс. руб.

Рассчитаем дополнительные расходы.

За пять лет амортизация комплекса составит 8200 тыс. руб. Налог на имущество составит 295 тыс. руб.

За пять лет расходы по дополнительной энергии составят 330 тыс. руб. Расходы по программированию и перепрограммированию составят 663 тыс. руб. Затраты по расходным материалам составят 1105 тыс. руб. Затраты по текущему и капитальному ремонту составят 2,0 млн. руб. За пять лет дополнительные расходы составят 12594 тыс. руб.

Посчитаем чистую прибыль за пять лет. Снижение затрат составит 18563 тыс. руб. Дополнительные расходы составят 12594 тыс. руб. Снижение затрат составит 5969 тыс. руб. Налог на прибыль составит 1194 тыс. руб. Прирост чистой прибыли от внедрения одной роботизированной линии сборки составит 4775 тыс. руб. [14].

В результате оценки показана эффективность внедрения роботизированного комплекса в автосборочное производство.

Заключение

В работе рассматривается высокотехнологичное автосборочное производство с внедрением промышленных роботов-манипуляторов. Проведены исследования эффективности и производительности автомобильного производства при использовании роботизированной сборки. Рассмотрены характеристики роботизированной сборки: такт сборочной линии; темп выпуска; коэффициент загрузки. Оценивается влияние характеристик на производительность в роботизированном автосборочном производстве. Расчет эффективности роботизированной линии сборки показывает, что эффективность применения робота существенно превосходит эффективность квалифицированного рабочего.

При автоматизации автосборочного производства важно отметить, что за пять лет прирост чистой прибыли от роботизированной линии сборки – 4775 тыс. руб. Кроме того, существенно увеличится производительность выпуска изделий при роботизации сборки в автомобильном производстве, а также несомненна эффективность применения роботизированной линии сборки.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ахатов Р.Х., Однокурцев К.А., Зыкова Е.В. Технология монтажа сборочной оснастки с применением промышленного робота // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Т. 16. № 1 (5). 2014. С. 1284–1291.
2. Крицкий А.В., Козловский В.Н., Айдаров Д.В. Модернизированная концепция методики и инструментария обеспечения статистически управляемых процессов контроля и мониторинга качества электрокомпонентов в автосборочном производстве // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Т. 25. № 2 (112). 2023. С. 14–18.
3. Papulová Z., Gažová A., Šufliarský E. Implementation of automation technologies of industry 4.0 in

automotive manufacturing companies // Procedia Computer Science. Т. 200. 2022. С. 1488–1497.

4. Bathla G. Autonomous vehicles and intelligent automation: Applications, challenges, and opportunities // Mobile Information Systems. Vol. 7, no.5, 2022, pp. 26–31.

5. Zhang M. Practical Analysis of Mechanical Automation Technology in Automobile Manufacturing // Journal of Electronic Research and Application. Т. 7. №. 5. 2023. С. 26–31.

6. Wang X., Wang Y. Application of automation technology in automobile machinery manufacturing // Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing,. Т. 1885. №. 4. 2021. С. 042056.

7. Melendez O., Thamma R., Kirby E. D. Automation in the automotive industry // Int. Res. J. of Modernization in Eng. Technol. Sci. Т. 2. №. 10. 2020. С. 282–286.

8. Zech A. Automated generation of clamping concepts and assembly cells for car body parts for the digitalization of automobile production // Advances in Automotive Production Technology—Theory and Application: Stuttgart Conference on Automotive Production (SCAP2020). Springer Berlin Heidelberg, 2021. С. 293–301.

9. Zhou L. Application of industrial robots in automated production lines under the background of intelligent manufacturing // Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing. Т. 1992. №. 4. 2021. С. 042050.

10. Иванова Л.Н., Иванов С.Е. Математические модели динамики манипуляционных роботов при проектировании технологических систем // Металлообработка. № 5-6. 2022. С. 48–55.

11. Благовещенский Д. И., Козловский В. Н., Васин С. А. Ключевые аспекты цифровизации управления качеством в автосборочном производстве // СТИН. №. 10. 2021. С. 17–21.

12. Иванова Л.Н., Иванов С.Е. Математические методы оптимизации режимов движения манипулятора в автоматизированном технологическом процессе // Научноёмкие технологии в машиностроении. 2022. № 11 (137). С. 39–48.

13. Карпов А.О., Карпов А.О., Рамазанов И. А. К вопросу о применении статистических инструментов управления качеством в автосборочном производстве // XXV Тулолевские чтения (школа молодых ученых). 2021. С. 564–571.

14. Иванова Л.Н., Иванов С.Е. Совершенствование технологических процессов в автомобилестроении // Кузнечно-штамповочное производство – обработка материалов давлением. №10. 2023 С. 28–34.

15. Благовещенский Д.И. Примеры технической реализации решений в области цифровизации автосборочного производства // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. №. 5. 2022. С. 14–18.

REFERENCES

1. Akhatov R.H., Odnokurtsev K.A., Zykhova E.V. Technology of assembly tooling installation using industrial robots // Proc. of the Samara Scientific Center

of the Russian Academy of Sciences, vol. 16. no. 1 (5), 2014, pp. 1284–1291

2. Kritsky A.V., Kozlovsky V.N., Aidarov D.V. Modernized concept of the technique and instrumentation of statistically controlled processes of control and monitoring of the quality of electrical components in the automotive assembly production // Izvestiya of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, vol. 25. no. 2 (112), 2023, pp. 14–18.

3. Papulová Z., Gažová A., Šufliarský L. Implementation of automation technologies of industry 4.0 in automotive manufacturing companies // Procedia Computer Science, vol. 200, 2022, pp. 1488–1497.

4. Bathla G. Autonomous vehicles and intelligent automation: Applications, challenges, and opportunities // Mobile Information Systems. Vol.7, no.5, 2022, pp. 26–31.

5. Zhang M. Practical Analysis of Mechanical Automation Technology in Automobile Manufacturing // Journal of Electronic Research and Application. vol. 7, no. 5, 2023, pp. 26–31.

6. Wang X., Wang Y. Application of automation technology in automobile machinery manufacturing // Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing, vol. 1885, no.4, 2021, pp. 042056.

7. Melendez O., Thamma R., Kirby E. D. Automation in the automotive industry // Int. Res. J. of Modernization in Eng. Technol. Sci. vol. 2. no. 10. 2020. pp. 282–286.

8. Zech A. Automated generation of clamping concepts and assembly cells for car body parts for the digitalization of automobile production // Advances in Automotive Production

Technology–Theory and Application: Stuttgart Conference on Automotive Production (SCAP2020). Springer Berlin Heidelberg, 2021. pp. 293–301.

9. Zhou L. Application of industrial robots in automated production lines under the background of intelligent manufacturing // Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing. vol. 1992. no. 4. 2021. pp. 042050.

10. Ivanova L.N., Ivanov S.E. Mathematical models of dynamics of programmable manipulators in the design of technological systems // Metalworking. No. 5-6, 2022, pp. 48–55.

11. Blagoveshchenskiy D. I., Kozlovsky V. N., Vasin S. A. Key aspects of quality management digitalization for incomplete vehicle production // STIN, no. 10, 2021, pp. 17–21.

12. Ivanova L.N., Ivanov S.E. Mathematical methods for optimizing manipulator movement modes in an automated workflow // Science intensive technology in mechanical engineering, 2022, no. 11 (137), pp. 39–48.

13. Karpov A.O., Karpov A.O., Ramazanov I. A. More on the application of statistical quality management tools in incomplete vehicle production // XXV Tupolev readings (school of young scientists), 2021, pp. 564–571.

14. Ivanova L.N., Ivanov S.E. Improvement of technological processes in the automotive industry // Forging and stamping production – processing of materials by pressing, no.10, 2023, pp. 28–34

15. Blagoveshchenskiy D.I. Examples of technical implementation of solutions in the field of digitalization of car assembly production // Izvestia of the Tula State University. Technical Sciences, no. 5. 2022, pp. 14–18.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 12.02.2024; одобрена после рецензирования 12.02.2024; принята к публикации 20.03.2024.

The article was submitted 12.02.2024; approved after reviewing 12.02.2024; assepted for publication 20.03.2024.

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Брянский государственный технический университет»

Адрес редакции и издателя: 241035, Брянская область, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, 7
ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»

Телефон редакции журнала: 8-903-592-87-39, 8-903-868-85-68.

E-mail: naukatm@yandex.ru, editntm@yandex.ru

Вёрстка Н.А. Лукашов. Редактор Е.В. Лукашова. Технический редактор Н.А. Лукашов.

Сдано в набор 17.04.2024. Выход в свет 26.04.2024.

Формат 60 × 84 1/8. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 5,58.

Тираж 500 экз. Свободная цена.



Отпечатано в лаборатории оперативной полиграфии

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Брянский государственный технический университет» 241035, Брянская область, г. Брянск, ул. Институтская, 16