

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ
БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ»
КеАҚ



КӨЛІК-ЭНЕРГЕТИКА ФАКУЛЬТЕТІ



**«КӨЛІК ЖӘНЕ ЭНЕРГЕТИКАНЫҢ ӨЗЕКТІ МӘСЕЛЕЛЕРІ:
ИННОВАЦИЯЛЫҚ ШЕШУ ТӘСІЛДЕРІ» XIV ХАЛЫҚАРАЛЫҚ
ҒЫЛЫМИ-ТӘЖІРИБЕЛІК КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫҢ
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XIV МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ: «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТА И
ЭНЕРГЕТИКИ: ПУТИ ИХ ИННОВАЦИОННОГО РЕШЕНИЯ»**

**PROCEEDINGS OF THE XIV INTERNATIONAL SCIENTIFIC- PRACTICE
CONFERENCE «ACTUAL PROBLEMS OF TRANSPORT AND ENERGY:
THE WAYS OF ITS INNOVATIVE SOLUTIONS»**

Астана, 2026

УДК 656:620.9

ББК 65.37+65.305.1

A43

Редакционная коллегия:

Председатель – Талтенов А.А., член Правления – Проректор по науке и коммерциализации, д.х.н., профессор; Заместитель председателя – Кокаев У.Ш. декан транспортно-энергетического факультета, к.т.н., ассоциированный профессор; Тлепиева Г.М. – заместитель декана по научной работе, к.т.н., доцент; Султанов Т.Т. – заведующий кафедрой «Организация перевозок, движения и эксплуатация транспорта», к.т.н., доцент; Тогизбаева Б.Б. – заведующая кафедрой «Транспортная инженерия», д.т.н., профессор; Байхожаева Б.У. – заведующая кафедрой «Стандартизация, сертификация и метрология», д.т.н., профессор; Жумажанов С.К.– заведующий кафедрой «Электроэнергетика», к.т.н., доцент; Садыкова С.Б. – заведующая кафедрой «Теплоэнергетика», PhD, доцент.

A43 Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения: XIV Международная научно-практическая конференция, 19 марта 2026г. / Подгот. А.А. Талтенов, У.Ш. Кокаев, Г.М. Тлепиева – Республика Казахстан, г.Астана, НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева», 2026. – 632 с.

ISBN 978-601-385-216-4

В сборник включены материалы XIV Международной научно-практической конференции на тему: «Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения», проходившей в г. Астана 19 марта 2026 года.

Тематика статей и докладов участников конференции посвящена актуальным вопросам логистики, организации перевозок, движения и эксплуатации транспорта, стандартизации, метрологии и сертификации, транспорту, транспортной техники и технологии, теплоэнергетики и электроэнергетики.

Материалы конференции дают отражение научной деятельности ведущих ученых дальнего и ближнего зарубежья, Республики Казахстан и могут быть полезными для докторантов, магистрантов и студентов.

ISBN 978-601-385-216-4

УДК 656:620.9
ББК 65.37+65.305.1

© НАО «ЕНУ имени Л.Н. Гумилева», 2026

**Секция 2 «ТРАНСПОРТ, ТРАНСПОРТНАЯ ТЕХНИКА И
ТЕХНОЛОГИИ»**

Алпысбаев Н.Қ., Касабеков М. И. ОРТА ҚАШЫҚТЫҚТАҒЫ ҰШАҚ ТИПТІ ҰШҚЫШСЫЗ ҰШУ АППАРАТЫНЫҢ АЭРОДИНАМИКАЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРІНІҢ ҰШУ ҚАШЫҚТЫҒЫНА ӘСЕРІН ТАЛДАУ	316
Асанби А. Д., Кокаев У.Ш. ЖЕҢІЛ АВТОКӨЛІКТІҢ АРТҚЫ КӨРІНІС АЙНАЛАРЫНЫҢ АЭРОДИНАМИКАЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫН ТАЛДАУ	320
Арпабекова А. М., Jan Vlnka КОНСТРУКЦИЯ КОВША ЭКСКАВАТОРА С КОЛЬЦЕВЫМ ЭЛЕМЕНТОМ ДЛЯ ПОДЪЕМА ГРУЗОВ	325
Арстамбаев С.О., Боярин В.А. ПОВЫШЕНИЕ ЖИВУЧЕСТИ И МОБИЛЬНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЗЕНИТНОЙ ПУШКИ С-60 ПУТЕМ ИНТЕГРАЦИИ С КОЛЕСНЫМ БАЗОВЫМ ШАССИ	328
Әлібек Б.Ә., Жаманбаев Б.У. КОНТРЕЙЛЕРЛІК ТАСЫМАЛДАУДЫҢ ӘЛЕМДІК ТӘЖІРИБЕСІН ЖҮЙЕЛІ ТАЛДАУ	332
Бақытов Ж.Д., Каражанов А.А. МЕТАЛЛ ҰНТАҚТЫ КОМПОЗИЦИЯЛАРДЫҢ КӨЛІК БӨЛШЕКТЕРІНІҢ КОРРОЗИЯҒА ТӨЗІМДІЛІГІНЕ ӘСЕРІН ТАЛДАУ	335
Bekbay B.B., Sirgetayeva G.E. IMPROVING THE EFFICIENCY OF ELECTRIC MOTORS OF TRANSPORT VEHICLES UNDER LOW-TEMPERATURE CONDITIONS	339
Дуйсембаева Б.Ш., Тогизбаева Б.Б., Баташов С.И. ВЕРОЯТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ НЕРОВНОСТЕЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ И МЕТОДЫ ИХ КЛАССИФИКАЦИИ	342
Ескендір І.А. ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА ПРИ СБОРКЕ АВТОМОБИЛЕЙ НА КОНВЕЙЕРНОЙ ЛИНИИ	348
Жұмағұл Қ. М., Сиргетаева Г.Е. ҚАЛАЛЫҚ ЖАҒДАЙДА ДИЗЕЛЬДІ ЖӘНЕ ЭЛЕКТР КӨЛІКТЕРІНІҢ ПАЙДАЛАНУ СИПАТТАМАЛАРЫН БАҒАЛАУ ӨЗЕКТІЛІГІ	353
Жанбатыр У., Жаманбаев Б.У. АСТАНА ҚАЛАСЫНЫҢ МЫСАЛЫНДА КӨЛІК ИНФРАҚҰРЫЛЫМЫНЫҢ ТИІМДІЛІГІНЕ МИКРОМОБИЛЬДІЛІКТІҢ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ	356
Жаманкулов С.Т., Каражанов А.А. ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП АВТОПАРКТІ ПРЕДИКТИВТІ ТЕХНИКАЛЫҚ ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУ ЖҮЙЕСІН ТАЛДАУ	358
Қуанышбекова Қ.Қ., Тогизбаева Б.Б. ШӨМШТІ ЭЛЕВАТОРДЫҢ ЖҰМЫС ОРҒАНЫН ЕСЕПТЕУДЕ ҚАБЫҚША ТЕОРИЯСЫН ҚОЛДАНУ	361
Мамбетов Д.М., Джундибаев В.Е., Сахапов Р.Л. ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ	

МЕЖМОДУЛЬНОГО УСТРОЙСТВА КРЕПЛЕНИЯ СМЕННОГО РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ПОГРУЗЧИКОВ	364
Омаров Б.Ж., Сиргетаева Г.Е. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В УСЛОВИЯХ ГОРОДА АСТАНА	366
Раунак Д.О., Костюченкова О.Н. СНИЖЕНИЕ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ ПРИЦЕПАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЕМПФИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ	369
Тойлыбаев А.Е., Баймағамбетов А., Құрманәліұлы Д. АВТОМОБИЛЬДЕНДІРУ ДЕҢГЕЙІ ЖӘНЕ КӨЛІКТІК ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУ НАРЫҒЫНДАҒЫ ҰСЫНЫСТАРДЫҢ АРТУЫ	372
Тулєков А.Б., Сахапов Р.Л., Кенесбек И.Б. МҰНАРА КРАНЫНЫҢ БУМ ЖҰМЫСЫНДАҒЫ ДӨНЕКЕРЛЕНГЕН ҚОСЫЛЫСТАРДЫҢ РӨЛІ	377

Рисунок 3 – Блок-схема алгоритма назначения допустимых скоростей движения по исследуемым отрезкам пути

Таким образом, разработанная вероятностная модель спектральной плотности вертикальных неровностей пути и методы их классификации представляют собой важный инструмент анализа динамического взаимодействия подвижного состава и железнодорожного пути. Использование спектрального анализа, статистических методов обработки данных и алгоритмов распознавания образов позволяет получить более точное представление о состоянии железнодорожной инфраструктуры и повысить надежность ее эксплуатации.

В дальнейшем развитие данных методов связано с совершенствованием алгоритмов обработки измерительной информации, расширением баз экспериментальных данных и внедрением современных вычислительных технологий. Перспективным направлением является использование интеллектуальных систем анализа данных и методов машинного обучения для автоматического выявления закономерностей в спектральных характеристиках неровностей. Это позволит создавать более точные модели взаимодействия пути и подвижного состава и повысить эффективность управления техническим состоянием железнодорожной сети.

Список использованных источников

1. Данилов В.Н., Яковлев В.Ф. Расчёт железнодорожного пути на вертикальные и горизонтальные динамические нагрузки. – М.: УМЦ ЖДТ, 2013. – 318 с.
2. Кудрявцев Н.Н., Белоусов В.Н. Моделирование динамического взаимодействия колеса и рельса при наличии неровностей // Вестник ВНИИЖТ. – 2016. – № 2. – С. 18–24.
3. Ушкалов В.Ф. Идентификация параметров вагонов на основе экспериментальных данных с применением цифровой обработки сигналов // Наука и транспорт. – 2017. – № 3. – С. 41–47.
4. Крейнис З.Л., Зеленая Л.В. Спектральный анализ геометрии рельсовой колеи с применением цифровых технологий // Транспорт Российской Федерации. – 2015. – № 4. – С. 34–38.
5. Данилов В.Н., Кудрявцев А.М. Диагностика состояния железнодорожного пути. – М.: Транспорт, 2002.
6. Белоусов В. Н., Кудрявцев Н. Н. Оценка динамических сил при движении вагонов по пути с неровностями // Железнодорожный транспорт. – 2007. – № 9. – С. 25–29.
7. Коган А.Я. Спектральные методы анализа случайных процессов. – М.: Наука, 2012.
8. Ершков О.П., Лысюк В.С. Компьютерное моделирование поперечных сил в кривых участках железнодорожного пути // Вестник ВНИИЖТ. – 2024. – № 1. – С. 17–24.
9. Камаев В.А., Никитин С.В. Динамические характеристики тележек перспективных грузовых вагонов : монография. – М. : Машиностроение, 2025. – 296 с.
10. Певзнер В. О., Коган А. Я. Экспериментальные исследования динамического взаимодействия пути и подвижного состава при повышенных осевых нагрузках // Вестник ВНИИЖТ. – 2025. – № 2. – С. 12–19.
11. Савоськин А.Н., Данилов В.Н. Комплексная оценка динамических нагрузок в системе «колесо–рельс» на основе численного моделирования и натурных испытаний: монография. – М.: УМЦ ЖДТ, 2025. – 368 с

УДК 621.865

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА ПРИ СБОРКЕ АВТОМОБИЛЕЙ НА КОНВЕЙЕРНОЙ ЛИНИИ

Ескендір Ілияс Айдосұлы

021204501422@enu.kz

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, город Астана, Казахстан

Аннотация: В статье рассматриваются вопросы обоснования параметров промышленного робота-манипулятора, используемого при сборке автомобилей на конвейерной линии. Проведен анализ особенностей применения роботизированных систем в автомобилестроении. Рассмотрены основные технические характеристики манипуляторов: грузоподъемность, рабочая зона, точность позиционирования, скорость перемещения и количество степеней свободы. Представлены таблицы параметров и сравнительный анализ типовых промышленных роботов. Показано, что рациональный выбор параметров робота позволяет повысить эффективность производства, снизить количество ошибок сборки и увеличить производительность конвейерной линии. Дополнительно в работе представлены математические аспекты расчета кинематики и динамических нагрузок, а также влияние систем технического зрения на адаптивность робототехнических комплексов в условиях гибкого автоматизированного производства.

Ключевые слова: промышленный робот, робот-манипулятор, автоматизация производства, конвейерная линия, сборка автомобилей, промышленная робототехника, кинематика, техническое зрение, грузоподъемность, коллаборативные роботы.

Введение. Современное развитие промышленности характеризуется активным внедрением автоматизированных и роботизированных систем. Особенно интенсивно такие технологии применяются в автомобильной промышленности, где требуется высокая производительность, точность и стабильность технологических операций. Производство автомобилей включает большое количество однотипных операций, выполняемых на конвейерных линиях. Для повышения эффективности производства предприятия активно используют промышленные роботы-манипуляторы.

Исторически автомобилестроение всегда было главным драйвером внедрения инноваций в области машиностроения. Переход от жестких автоматических линий к концепции «Индустрия 4.0» вывел автоматизацию на новый уровень, превратив изолированные роботизированные ячейки в единую киберфизическую производственную систему. Сегодня роботы-манипуляторы способны выполнять широкий спектр операций: сварку кузовных элементов, перемещение деталей, установку узлов и агрегатов, нанесение герметиков, сборку компонентов автомобиля. Благодаря программируемому управлению они обеспечивают высокую повторяемость движений и точность выполнения операций. Это позволяет значительно повысить качество продукции и снизить вероятность ошибок.

Однако эффективность применения роботизированных систем во многом зависит от правильного выбора параметров оборудования. Неправильный выбор характеристик робота может привести к снижению производительности, увеличению времени сборки и возникновению технологических ограничений. Например, избыточная грузоподъемность ведет к неоправданному увеличению энергопотребления и капитальных затрат, тогда как недостаточная жесткость конструкции вызывает вибрации и брак при позиционировании. Поэтому обоснование параметров робота-манипулятора является важной задачей при проектировании автоматизированных производственных линий.

Применение роботов в автомобильной промышленности: анализ технологических процессов. Автомобильная промышленность является одной из наиболее роботизированных отраслей машиностроения. На современных заводах большая часть операций выполняется автоматизированными комплексами. Роботы используются на этапах сварки кузова, сборки элементов автомобиля, перемещения деталей между рабочими станциями и установки различных компонентов.

Процесс производства автомобиля условно делится на несколько ключевых этапов, каждый из которых предъявляет свои требования к роботам. На этапе сварки кузова (Body-in-White) применяются тяжелые промышленные роботы, оснащенные массивными клещами для точечной контактной сварки. Здесь критически важны высокая грузоподъемность и широкий радиус действия, позволяющий роботу дотянуться до противоположной стороны кузова. На этапе окраски используются взрывозащищенные роботы с высокой плавностью хода, обеспечивающие равномерное распыление

лакокрасочных материалов. На этапе финальной сборки (Trim and Chassis) роботы устанавливают двигатели, трансмиссии, стекла и элементы салона - здесь на первый план выходят точность позиционирования и наличие систем технического зрения.

Использование роботов обеспечивает ряд преимуществ: повышение производительности труда, уменьшение влияния человеческого фактора, повышение безопасности производства и улучшение качества продукции. Роботы могут работать круглосуточно и выполнять большое количество операций с одинаковой точностью. Кроме того, роботизированные системы позволяют оптимизировать производственные процессы и уменьшить затраты на производство. В условиях массового производства автомобилей использование роботов является экономически целесообразным и позволяет обеспечить конкурентоспособность предприятий. Важной тенденцией последних лет стало внедрение коллаборативных роботов (коботов), которые могут безопасно работать с людьми в едином пространстве, помогая операторам устанавливать эргономически сложные или тяжелые детали.

Основные параметры промышленного робота-манипулятора. К основным параметрам промышленного робота относятся грузоподъемность, рабочая зона, точность позиционирования, скорость перемещения и количество степеней свободы. Эти параметры определяют возможности робота и эффективность его применения в производственном процессе.

Степени свободы (Degrees of Freedom, DoF) определяют кинематическую гибкость и маневренность манипулятора. Для полноценного позиционирования объекта в трехмерном пространстве (задание координат по осям X, Y, Z и трех углов Эйлера для ориентации инструмента) робот должен обладать минимум шестью степенями свободы. Именно 6-осевые антропоморфные роботы стали стандартом де-факто в автомобилестроении.

В таблице 1 представлены усредненные технические характеристики манипуляторов, применяемых на конвейерах (см. табл. 1).

Таблица 1 - Основные параметры промышленного робота-манипулятора

<i>Параметр</i>	<i>Значение</i>
Грузоподъемность	10-50 кг
Радиус рабочей зоны	1,5-3 м
Точность позиционирования	±0,05 мм
Максимальная скорость	2-3 м/с
Степени свободы	6
Тип управления	Программируемое цифровое

Рабочая зона робота представляет собой пространство, в пределах которого он способен выполнять движения. Она зависит от длины звеньев манипулятора и диапазона углов поворота его суставов. Для автосборочных линий форма рабочей зоны напрямую диктует компоновку конвейера, определяя безопасное расстояние между станциями и расстановку защитных ограждений.

Математическое обоснование параметров: расчет грузоподъемности и динамики. Грузоподъемность робота определяет максимальную массу объекта, который робот способен перемещать. При выборе грузоподъемности необходимо учитывать массу детали, массу захватного устройства и дополнительные динамические нагрузки. Расчет требуемой грузоподъемности может быть выполнен по следующей формуле:

$$F = m \cdot g$$

где m - масса перемещаемого объекта, кг; g - ускорение свободного падения (9,81 м/с²). Полученная сила используется для оценки базовых статических нагрузок на механические элементы робота. Однако в условиях реального автосборочного конвейера робот не работает в статике. Он совершает движения с высокими линейными и угловыми ускорениями для минимизации времени рабочего цикла. В связи с этим суммарный

крутящий момент, действующий на шарниры манипулятора, описывается уравнением динамики Эйлера-Лагранжа:

$$\tau = M(q)\ddot{q} + C(q, \dot{q})\dot{q} + G(q) + J^T(q)F_{ext}$$

где τ - вектор обобщенных моментов в шарнирах; $M(q)$ - матрица инерции манипулятора; $C(q, \dot{q})$ - матрица центробежных и кориолисовых сил; $G(q)$ - вектор гравитационных сил; $J^T(q)$ - транспонированная матрица Якоби; F_{ext} - вектор внешних сил (включая массу детали и сопротивление среды); q, \dot{q}, \ddot{q} - векторы обобщенных координат, скоростей и ускорений соответственно.

Пример практического расчета: Предположим, на этапе сборки роботу необходимо перемещать автомобильную дверь массой 18 кг. Масса специализированного вакуумного захватного устройства составляет 12 кг. Общая статическая нагрузка составляет $m = 30$ кг. Тогда статическое усилие:

$$F = 30 \cdot 9,81 = 294,3 \text{ Н.}$$

При максимальном линейном ускорении фланца робота $a = 5 \text{ м/с}^2$, возникающая динамическая сила составит

$$F_{dyn} = m \cdot a = 30 \cdot 5 = 150 \text{ Н.}$$

Суммарная нагрузка на фланец в пиковые моменты составит 444,3 Н. Учитывая моменты инерции при вращении массивной детали на вытянутой «руке» (максимальном вылете), инженер-проектировщик обязан выбрать робота с номинальной грузоподъемностью не менее 45-50 кг для обеспечения запаса прочности, предотвращения износа редукторов и сохранения паспортной точности.

Сравнительный анализ и точность позиционирования. Точность позиционирования является важным параметром при сборке автомобилей, поскольку отклонения в установке деталей могут привести к нарушению геометрии конструкции. Современные промышленные роботы обеспечивают точность позиционирования в пределах 0,02-0,1 мм.

Для наглядности рассмотрим сравнительный анализ популярных моделей промышленных роботов от ведущих мировых производителей (см. табл. 2).

Таблица 2 - Сравнение параметров промышленных роботов

Модель робота	Грузоподъемность	Радиус	Точность
KUKA KR10	10 кг	1.4 м	± 0.04 мм
ABB IRB120	3 кг	0.58 м	± 0.01 мм
FANUC LR Mate	7 кг	0.9 м	± 0.03 мм

Как видно из приведенных данных, компактная модель ABB IRB120 обладает наивысшей точностью (± 0.01 мм), что делает ее идеальной для высокоточных операций: сборки мелких электронных блоков управления двигателем, монтажа датчиков или работы с хрупкими элементами оптики. Модель KUKA KR10, обладая грузоподъемностью 10 кг и радиусом 1.4 м, представляет собой универсальное решение для нанесения клеевых составов на ветровые стекла автомобиля перед их вклейкой в кузов. Робот FANUC LR Mate (7 кг, 0.9 м) благодаря своей кинематике отлично подходит для скоростных операций загрузки и выгрузки крепежных элементов на промежуточных конвейерах. Выбор конкретной модели должен строго коррелировать с требованиями технологической карты конкретного поста сборки.

Интеграция систем технического зрения и сенсорики. Для достижения максимальной эффективности на современной конвейерной линии одних лишь кинематических параметров и жесткого программирования траекторий недостаточно. Кузов автомобиля, перемещающийся на скидах (транспортировочных тележках), может останавливаться на рабочей станции с погрешностью до нескольких миллиметров. Для жестко запрограммированного робота это приведет к браку (например, болт не попадет в резьбовое отверстие). Для решения этой проблемы современные роботы-манипуляторы оснащаются системами машинного зрения (Machine Vision) 2D и 3D, а также датчиками

силомоментного контроля. Техническое зрение позволяет роботу «видеть» деталь: камеры распознают реперные точки (технологические отверстия или грани детали), передают координаты в контроллер, который с помощью обратной задачи кинематики мгновенно пересчитывает траекторию движения в режиме реального времени. Это позволяет роботизированной ячейке адаптироваться к микросмещениям кузова и исключает необходимость использования очень дорогостоящей прецизионной оснастки для фиксации автомобиля на конвейере.

Надежность роботизированных систем и безопасность труда. Одним из важнейших требований к промышленным роботам является высокая надежность. На автомобильных заводах роботы работают в непрерывном режиме и выполняют тысячи циклов операций ежедневно. Поэтому конструкция роботов должна обеспечивать долговечность и устойчивость к нагрузкам. Ресурс работы современных серводвигателей и циклоидальных редукторов в манипуляторах до проведения капитального ремонта составляет в среднем от 80 000 до 100 000 часов непрерывной работы.

Использование роботизированных систем также способствует повышению безопасности производства. Многие операции могут быть связаны с высокими температурами, вредными веществами и значительными физическими нагрузками. Роботы позволяют минимизировать участие человека в опасных операциях, таких как лазерная сварка, дуговая сварка в среде защитных газов, штамповка тяжелых кузовных панелей или окраска в герметичных камерах с высоким содержанием токсичных летучих органических соединений. Внедрение автоматизации кардинально снижает уровень производственного травматизма и профессиональных заболеваний.

Заключение. В работе рассмотрены основные параметры промышленного робота-манипулятора, используемого при сборке автомобилей на конвейерной линии. Проведенный анализ показал, что правильный выбор характеристик робота позволяет повысить эффективность производственного процесса, улучшить качество сборки и увеличить производительность конвейерной линии.

Обоснование параметров промышленного робота не должно сводиться исключительно к оценке статической грузоподъемности и радиуса рабочей зоны. Это сложный многофакторный процесс, требующий глубокого анализа динамических нагрузок, расчета моментов инерции, оценки требований к точности и скорости рабочего цикла. Более того, современный этап развития автосборочных производств диктует необходимость обязательной интеграции манипуляторов с системами технического зрения и адаптивного контроля. Приведенные в статье расчеты и сравнительный анализ типовых моделей подтверждают необходимость комплексного, математически обоснованного подхода при проектировании роботизированных участков. Роботизация производственных процессов является важным направлением развития современной промышленности и позволяет обеспечить высокий уровень автоматизации и технологической эффективности предприятий.

Список использованных источников

1. Гаврилов А.И. Промышленные роботы и робототехнические системы. Москва: Машиностроение, 2018.
2. Соколов В.В. Роботизация технологических процессов в машиностроении. Санкт-Петербург: Питер, 2020.
3. Groover M.P. Industrial Robotics: Technology, Programming and Applications. McGraw-Hill, 2015.
4. Niku S. Introduction to Robotics: Analysis, Control, Applications. Wiley, 2019.
5. Craig J.J. Introduction to Robotics: Mechanics and Control (4th Edition). Pearson, 2017.
6. Siciliano B., Khatib O. Springer Handbook of Robotics. Springer, 2016.
7. ГОСТ Р 60.0.0.4-2019 / ИСО 8373:2012 Роботы и робототехнические устройства. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2019.