

Донская Анастасия Георгиевна,
студентка гр. АТП-23, ФГБОУ ВО «Ангарский-государственный технический университет»,
e-mail: nastyusha.blinnikova@yandex.ru

Блащинская Оксана Николаевна,
старший преподаватель, кафедры «Автоматизации технологических процессов»
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: lin_oks@mail.ru

Деревягина Светлана Сергеевна,
доцент кафедры «Автоматизация технологических процессов»
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: dss-kit@yandex.ru

РОБОТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЛИНИЙ: ОТ ЗАГРУЗКИ ДО УПАКОВКИ

Donskaya A.G., Blaschinskaja O.N., Derevyagina S.S.

ROBOTIZATION OF PRODUCTION LINES: FROM LOADING TO PACKAGING

Аннотация: Статья посвящена анализу роботизации производственных линий на всех этапах производственного цикла: от загрузки сырья до финальной упаковки готовой продукции. Рассматриваются типы промышленных роботов, их технические параметры и области применения. Приводится расчёт плотности роботизации, анализируется российская практика на примере АО «Климовский трубный завод». Особое внимание уделяется экономическим аспектам и государственной поддержке отрасли в условиях импортозамещения.

Ключевые слова: роботизация, производственные линии, промышленные роботы, автоматизация производства, манипуляторы, упаковка, загрузка, управление производством, производительность.

Abstract: The article is devoted to the analysis of robotization of production lines at all stages of the production cycle: from loading raw materials to the final packaging of finished products. The types of industrial robots, their technical parameters, and areas of application are considered. The calculation of robotization density is presented, and Russian practice is analyzed on the example of JSC Klimovsky Trubny Zavod. Special attention is paid to economic aspects and state support for the industry in the context of import substitution.

Keywords: robotization, production lines, industrial robots, production automation, manipulators, packaging, loading, production management, and productivity.

Промышленные роботы активно интегрируются в производственные процессы предприятий различных отраслей. Наиболее существенный эффект достигается при комплексной роботизации всего производственного цикла.

Для количественной оценки уровня автоматизации используется формула плотности роботизации:

$$P = \frac{R_{op}}{W} \cdot 10000, \quad (1)$$

где R_{op} – операционный парк промышленных роботов (ед.); W – численность занятых в обрабатывающих производствах (чел.); 10000 – количество работников.

По данным Международной федерации робототехники, в 2023 году глобальный парк промышленных роботов превысил 3,9 млн единиц, а среднемировая плотность роботизации достигла 162 единиц на 10 тыс. работников. В

России этот показатель составляет около 29 роботов на 10 тыс. работников [1]. Однако наблюдается положительная динамика: парк роботов вырос с 12,8 тыс. в 2023 году до 20,8 тыс. в 2024 году – прирост 62% [2].

В таблице 1 представлены основные типы промышленных роботов.

Таблица 1

Основные типы промышленных роботов и их технические параметры

Тип робота	Число степеней свободы	Грузоподъемность (кг)	Скорость, (циклов/мин)	Применение
Шестиосевой манипулятор	6	5 – 1500	До 30	Сварка, сборка, покраска
Дельта-робот	3 – 4	1 – 15	До 300	Сортировка, упаковка мелких изделий
Коллаборативный робот (кобот)	6 – 7	3 – 20	До 50	Сборка вместе с человеком
Паллетайзер	4	До 300	До 1200 коробок/час	Паллетирование, склад

Наиболее распространены шестиосевые манипуляторы, обеспечивающие максимальную гибкость движений [3]. Дельта-роботы незаменимы при высокой скорости (до 300 циклов/мин) на операциях сортировки и упаковки мелких изделий.

Коллаборативные роботы (коботы) способны безопасно работать рядом с человеком без защитных ограждений благодаря встроенным системам контроля усилий [4]. Паллетайзеры применяются для складской логистики с грузоподъемностью до 300 кг и скоростью до 1200 коробок в час.

Роботизация загрузки исключает простои оборудования, обеспечивает стабильный темп работы линии. Роботизированный комплекс включает систему технического зрения (технология bin picking), захватное устройство и управляющий контроллер. Один робот способен обслуживать 3 – 4 станка одновременно [5]. Однако при малых сериях и частой смене номенклатуры переналадка робота может занимать больше времени, чем ручная загрузка.

Сварочные роботы составляют около 15% глобального парка, обеспечивая воспроизводимость шва с точностью до 0,2 мм [6]. Роботы окраски обеспечивают равномерность нанесения и экономию материалов на 15 – 25%. Сборочные операции роботизируются с использованием коботов в гибридных схемах с оператором.

Доля операций упаковки в общем объеме применения промышленных роботов достигает 20% [7]. Роботизированная упаковка включает комплектовщика, систему взвешивания и этикетировочный модуль. В пищевой промышленности применяются роботы с защитой IP65 и специализированные захватные устройства.

Расчёт срока окупаемости представлен формулой:

$$T = \frac{I}{\Delta C + \Delta P - \Delta M}, \quad (2)$$

где I – инвестиции в роботизацию (руб.); ΔC – снижение затрат на оплату труда (руб./год); ΔP – прирост прибыли за счет роста объемов и качества (руб./год); ΔM – экономия материалов и снижение брака (руб./год).

Срок окупаемости в серийном производстве составляет от 1,5 до 5 лет. Наиболее быстро окупаются роботы на сварке, упаковке, паллетировании. Снижение брака при роботизированной сварке – 3-5% до 0,5%, экономия материалов при окраске – 15-25% [7].

На заводе АО «Климовский трубный завод» в г. Подольск внедрены роботизированные комплексы и автоматизированы:

- выгрузка полимерного сырья из мешков по 25 кг;
- производство муфт с закладными нагревателями (литьё и обработка).

Результаты:

- полный отказ от ручного труда на участке;
- рост производительности более чем в 2 раза;
- инвестиции – 31 млн рублей;
- высвобождение персонала для более квалифицированных задач.

По национальному проекту к 2030 году Россия должна войти в топ-25 стран по плотности роботизации, увеличив парк до 95-132 тыс. роботов. Государственная поддержка включает:

- субсидирование до 50% стоимости отечественных роботов;
- льготные займы ФРП под 1-3%;
- создание федерального центра робототехники в Иннополисе.

В 2025 году выпущено более 700 отечественных роботов против 230 в 2023 году [8]. Программа импортозамещения компонентов (редукторов, энкодеров, контроллеров) с финансированием 15 млрд рублей на 2025 – 2028 годы направлена на достижение локализации 85% к 2028 году.

Роботизация производственных линий является ключевым направлением повышения производительности и качества продукции. Россия существенно отстает от мировых лидеров по плотности роботизации (29 против 162), но демонстрирует высокие темпы роста (62% за 2023-2024 гг.).

Предложенная в статье концепция заключается в систематизации данных по типам промышленных роботов с привязкой к российским реалиям, введении расчётных формул для оценки плотности роботизации и срока окупаемости, а также в детальном анализе конкретного промышленного кейса внедрения.

Приведённые формулы и таблицы могут использоваться инженерами при проектировании роботизированных линий.

Кейс АО «Климовский трубный завод» демонстрирует реальную эффективность: рост производительности более чем в 2 раза, полная автоматизация участка.

Дальнейшее развитие связано с интеграцией искусственного интеллекта, повышением гибкости систем и импортозамещением критических компонентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Лопота, А.В.** О вхождении Российской Федерации к 2030 году в число 25 ведущих стран мира по показателю плотности роботизации / А.В. Лопота, А.Б. Николаев, А.О. Ладный, И.А. Серегина – Текст: непосредственный // Робототехника и техническая кибернетика. – 2025. – Т. 13. – № 3. – С. 165 – 173.
2. Центр развития базовых отраслей промышленности. В РФ выпуск промышленных роботов в 2025 году может превысить 700 штук. Текст: электронный. URL: <https://tass.ru/ekonomika/25342599> (дата обращения: 10.05.2026).
3. **Горобченко, С.Л.** Моделирование применения роботов-манипуляторов для оптимизации упаковочной линии ЦБК / С.Л. Горобченко, Д.А. Ковалев, В.А. Соколова и др. – Текст: непосредственный // Известия Тульского государственного университета. – 2024. – № 3. – С. 637 – 638.
4. **Шишков, И.А.** Управление роботами в производственных линиях / И.А. Шишков – Текст: непосредственный // Наука и мировоззрение. – 2024. – № 4. – С. 165 – 173.
5. **Барсук, И.В.** Определение параметров роботизированного комплекса выгрузки посылок из контейнера / И.В. Барсук – Текст: непосредственный // T-Comm. – 2015. – Т. 9. – № 4. – С. 77 – 82.
6. **Петрова, Е.Е.** Анализ опыта автоматизации и роботизации операционных процессов контейнерного терминала / Е.Е. Петрова, В.В. Ганнесен – Текст: непосредственный // Научные проблемы водного транспорта. – 2024. – № 78. – С. 165 – 173.
7. ICT. Moscow. Обзор рынка промышленной робототехники 2025 года: Россия и мир. Текст: электронный. URL: <https://ict.moscow/analytics/rynok-promyshlennoi-robototekhniki-2025-goda-rossiia-i-mir> (дата обращения: 10.05.2026).
8. Промышленное производство в России. 2023: статистический сборник – Текст: непосредственный / Росстат. – 202. – 325 с.