

СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ РОБОТОТЕХНИКИ

Магистрант Чернушевич А.А.

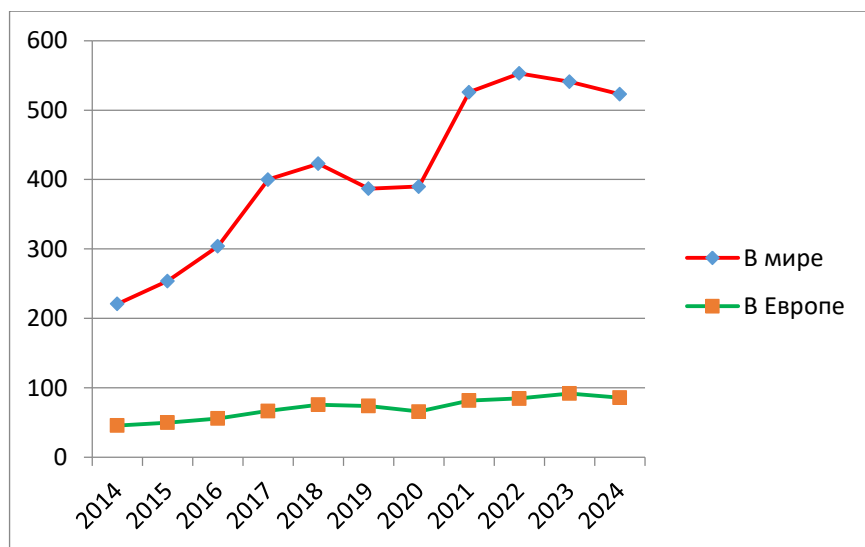
Научный руководитель – доцент Колесников Л.А.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

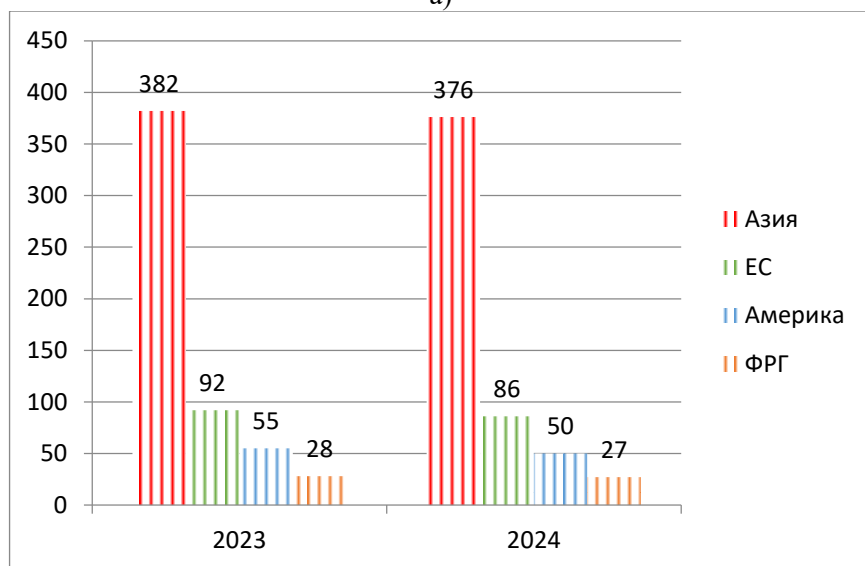
Робототизация производства считается одним из важнейших характеристик технологического уровня страны, ее стремления перейти к т.н. «Индустрии 4.0». Изменение по годам количества устанавливаемых промышленных роботов в мире и в Европе [1] представлено на рисунке 1, а. Главный покупатель (и, одновременно, производитель) роботов – Китай (рисунок 1, б). С 2022 года более половины (52%) всех роботов мира устанавливается именно в Китае.

Более объективным критерием глубины внедрения роботов в производство может служить плотность роботов – количество роботов на 10.000 работающих в отрасли, рисунок 2. Плотность роботов является показателем не только технологического прогресса страны, но и ее способности использовать инновации для повышения эффективности и конкурентоспособности производства.

Согласно докладу *IFR (International Federation of Robotics, Международная федерация робототехники)* «Всемирная робототехника 2024» [1], внедрение роботов на заводах по всему миру продолжается с высокой скоростью. В 2023 году средняя мировая плотность достигла 162 единиц на 10000 сотрудников. Это более чем в два раза больше (74), чем в 2016 году. В 2023 году больше всего промышленных роботов было установлено в автомобильной промышленности (135.461 шт.), электротехнической/электронной промышленности (125.804 шт.) и в области металлургии и машиностроения (76.831 шт.). По оценкам IFR, рост роботизации ускорится в 2025 году и продолжится в 2026 и 2027 годах. Нет никаких признаков того, что общая мировая тенденция роста закончится в ближайшем будущем.



а)



б)

Рисунок 1 – Динамика числа установок промышленных роботов по годам, $\times 1000$ шт.

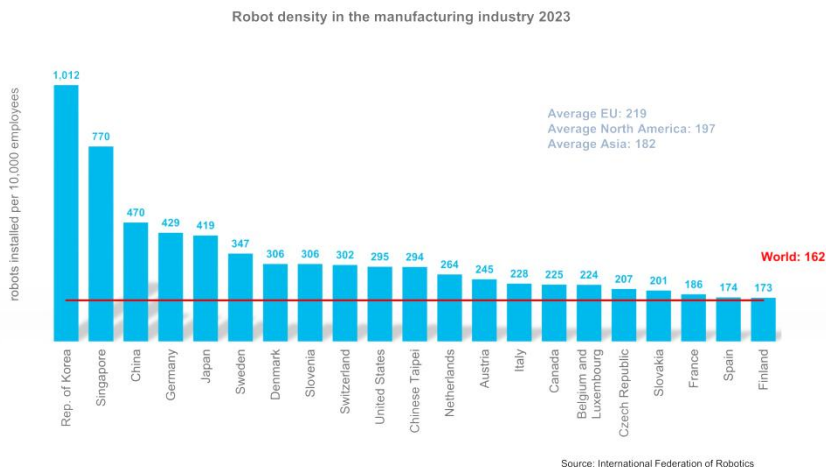


Рисунок 2 – Плотность робототизации по странам

ФРГ (как и Япония) – пионер разработки и внедрения роботов в промышленность. Поэтому именно на ее примере интересно оценить перспективы и особенности использования роботов в машиностроении. Анализ использования роботов на ~16000 заводов ФРГ [2, 3] показал:

- 1) в 2018 году роботы использовались только на 8% заводов. Как правило, это крупные заводы, ориентированные на экспорт и внедрение новых технологий (не только роботов);
- 2) практически нет связи между уровнем заработной платы и производительностью труда и последующим внедрением роботов на заводе;
- 3) главная причина внедрения роботов – острый дефицит низко- и среднеквалифицированного персонала. Заводы с высококвалифицированным персоналом и соответствующей сложной и/или уникальной продукцией, реже внедряют роботов.
- 4) внедрение роботов приводит к увеличению общей занятости на предприятии в среднем на 5%. Кроме того, на заводах в течение года после внедрения роботов, примерно на 24% возрастает число новых инженеров и менеджеров, обеспечивающих выполнение сложных, плохо формализуемых задач.

При этом следует отметить, что с точки зрения *IFR*, главными тенденциями развития роботов являются [4]:

- 1) Внедрение физического искусственного интеллекта (ИИ), в том числе, для обучения роботов на основе аналитического и генеративного ИИ. Например, предполагается, что роботы смогут анализировать свои действия и на этой основе автоматически совершенствовать их прямо в процессе работы. Более быстрый и безопасный подход – робот «учится» не на реальном, а на виртуальном производстве. В таком виртуальном мире робот многократно выполняет ту или иную работу, постоянно совершенствуя свои движения, например, по критерию точности и скорости. Иначе говоря, набирается опыта и программирует сам себя. Такие подходы продвигаются как в традиционных промышленных производствах, так и в области сервиса.
- 2) Создание и внедрение гуманоидных роботов, в первую очередь, в автомобильной промышленности, а также на складах. Пока неясно, будет ли такой подход экономически обоснованным по сравнению с существующими решениями.
- 3) Обеспечение устойчивого развития – повышение энергоэффективности роботов, участие в масштабировании экономически эффективного производства «зеленого» оборудования.
- 4) Использование работы робота как услуги (*RaaS*) от стороннего партнера, или оплаты за единицу работы (*pay-per-pick*). Такой подход позволяет избежать высоких первоначальных финансовых вложений, снижает совокупную стоимость владения, а, главное, снижает риски внедрения для малых и средних предприятий.
- 5) Автоматизация грязных, скучных или опасных работ с целью снижения нехватки низко- и среднеквалифицированного персонала.

Одна неочевидная особенность характера внедрения роботов в ФРГ и в Европе в целом – насыщение (или стабилизация) роботизации. Если в 2010 году в ФРГ было установлено ~20.000 роботов, то в 2024 – только ~27.000. Рост есть, в среднем 3.5%/год, но в сравнении со странами Юго-Восточной Азии (в первую очередь, Китаем) это практически стагнация (рисунок 1). Исходя из

этих наблюдений, можно предположить, что существует естественный предел насыщения производства роботами, обусловленный достигнутым уровнем автоматизации основного производства и характером выпускаемой продукции.

В связи с этим было бы интересно оценить влияние характера производства на плотность роботизации (число роботов на 10000 персонала). Эта величина рассчитывается, исходя из общего числа персонала, работающего в отрасли. В развитых странах это, в первую очередь, сервис-инженеры, исследователи, менеджеры по продажам и обслуживанию. Только малая доля (по некоторым обрывочным данным, не более 10%) персонала относится собственно к производству (механообработка, сборка, etc.). Именно их деятельность и обеспечивают роботы.

Например, на заводе Unipres работают 356 человек и 500 роботов Fanuc. Эти роботы собирают случайные части из бункеров, доставляемых в их ячейки (используя 3D-системы зрения), а затем передают их следующему роботу, который устанавливает их на место для сварки роботами. Расчетная плотность роботизации именно на производстве – 13.700 роботов/10.000 человек!

В развивающихся странах, с низким уровнем автоматизации, относительно слабым НИОКР, доля инженеров и исследователей мала. Зато большое поле для замены роботами низкоквалифицированного персонала. Возможно, анализ именно этой разницы – между производственным и сервисным персоналом – позволит оценить уровень разумной роботизации, к которому надо стремиться на текущем этапе развития, в том числе и в отечественной промышленности.

Литература

1. Global Robotics Market: How can Europe step up its game? / IFR Executive Roundtable Munich on 25 June 2025 (дата обращения 26.06.2025).
2. Deng, Liuchun Robots, occupations, and worker age: A production-unit analysis of employment / Liuchun Deng, Steffen Müller, Verena Plümpe, Jens Stegmaier // European Economic Review 170 (2024): 104881.

3. Deng, Liuchun Robot Adoption at German Plants / Liuchun Deng, Verena Plümpe, Jens Stegmaier // Journal of Economics and Statistics 244.3 (2024): 201-235.
4. Top 5 Global Robotics Trends 2025 / International Federation of Robotics reports, Frankfurt, Jan 22, 2025.
5. Лизан, И. Догоняющая роботизация / И. Лизан // СОНАР-2050 – <https://www.sonar2050.org/publications/promyshlennaya-revoluciya>

УДК 621.9

РОБОТЫ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Магистрант Чернушевич А.А.

Научный руководитель – доцент Колесников Л.А.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Роботизация промышленности Республики Беларусь (РБ) – достаточно непубличная тема. Простейший вопрос – сколько промышленных роботов работает на наших заводах – не имеет официального ответа. В настоящее время только прорабатывается предложения по дополнению государственной статистической отчетности в сфере цифрового развития показателями, характеризующими внедрение технологий «Индустрии 4.0» в сфере материального производства, в том числе и роботов, в отраслях реального сектора [1]. С другой стороны, действует т.н. Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2040 года (НУРС-2040) [2], в которой в качестве целевого индикатора развития принято условие: не менее чем 150 роботов на 10.000 среднесписочных работников в промышленности в 2040 году. Для справки: среднемировая плотность роботизации в 2023 году равна 162; в Китае – 470 [3].

Поэтому начнем с того, что попытаемся оценить текущее состояние роботизации отечественной промышленности. Для этого просто перечислим мнения экспертов и немногочисленные примеры использования роботов в РБ. Например, по подсчетам НИЭИ Минэкономики [4], в 2022 году плотность роботизации в РБ