



Роботизация химической промышленности

Развитие высокотехнологичной экономики невозможно без собственной сильной химической промышленности, обеспечивающей выпуск различных материалов – от пищевых добавок до медицинских препаратов и сложных соединений для электроники. Институт статистических исследований и экономики знаний (ИСИЭЗ) НИУ ВШЭ с помощью системы интеллектуального анализа больших данных iFORA и других методов изучил возможности использования промышленных и сервисных роботов для различных операций на химических производствах.

Справочно: Система интеллектуального анализа больших данных iFORA разработана ИСИЭЗ НИУ ВШЭ с применением передовых технологий искусственного интеллекта. Ее база источников уже включает более 850 млн документов (научные публикации, патенты, нормативная правовая база, рыночная аналитика, отраслевые медиа, материалы международных организаций, вакансии, др.) и постоянно пополняется. В 2020 г. iFORA отмечена в журнале *Nature* в качестве эффективного инструмента поддержки принятия решений в интересах бизнеса и органов власти. ОЭСР относит систему iFORA к успешным инициативам в области цифровизации науки.

При производстве более **95%** всех промышленных товаров реализуются те или иные химические процессы. Во многих странах отрасль занимает ведущие позиции в структуре промышленности, особенно в регионах с богатой нефтегазовой и иной сырьевой базой. К примеру, в странах Персидского залива на химическую индустрию приходится до **39%** валового выпуска обрабатывающих производств. Главным производителем химической продукции сегодня является Китай, занимающий 40% мирового объема продаж (табл. 1). Страна лидирует по всем ключевым показателям развития отрасли, уступая лишь по объемам экспорта США и странам ЕС в силу значительного внутреннего потребления.

Таблица 1. Основные показатели развития химической промышленности ведущих экономик

Экономика	Оборот химической промышленности в 2023 г.		Объем экспорта химической промышленности в 2023 г.		Средние темпы прироста производства за период 2013–2023 гг., %
	млрд долл.	% общемирового оборота	млрд долл.	% общемирового экспорта	
1. Китай	3 100	40.1	245	9.0	+6.7
2. Европейский союз	1 285	16.6	1 255	46.4	-0.8
3. США	925	12.0	253	9.3	-0.7
4. Япония	216	2.8	76	2.8	-1.1
5. Индия	212	2.7	66	2.4	+1.7
6. Швейцария	192	2.5	149	5.5	-
7. Республика Корея	171	2.2	101	3.7	-0.3
8. Бразилия	114	1.5	13	0.5	-1.2
9. Россия	85	1.1	29	1.1	+4.8
10. Саудовская Аравия	84	1.1	61	2.2	-
11. Великобритания	84	1.1	68	2.5	-
12. Тайвань (Китай)	82	1.1	18	0.7	-0.7

Примечание: По обороту и объему экспорта учтены данные по химической (неорганическая химия, нефтехимия, полимеры, специальная и бытовая химия) и фармацевтической отраслям. Показатель средних темпов прироста производства приведен без учета фармацевтической отрасли. В таблице представлены показатели экономик, доля которых в общемировом обороте превышает 1%.

Источник: расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Ассоциации химической промышленности Германии (VCI), Европейского совета химической промышленности (CEFIC).

Российская химическая отрасль считается одной из самых динамичных в мире: среднегодовые темпы прироста ее производства (+4.8% в 2013–2023 гг.) уступали только китайским (+6.7%) опережали соответствующий показатель Индии (+1.7%); тогда как в остальных ведущих странах отрасль в этот период стагнировала. Восходящая динамика обусловлена целым комплексом факторов, среди которых определяющее значение играет растущий спрос на химическую продукцию на внутреннем рынке (вследствие замещения иностранных сырья и материалов), а также запуск новых производств, в том числе [при поддержке государства](#). По данным Минпромторга России, инвестиции в отрасль составили [1.6 трлн руб.](#) в 2024 г.

Пока вклад нашей страны в общемировые продажи относительно невелик (чуть более 1%) и сопоставим с другими странами БРИКС (Бразилия и Саудовская Аравия). Дальнейшее развитие направлено на создание собственных производственных цепочек и расширение доли продукции высоких переделов, что невозможно реализовать без полноценной технологической модернизации. Для оптимизации расходов сырья и энергии мировые игроки прибегают к цифровым продуктам и решениям промышленной автоматизации, включая системы на основе искусственного интеллекта и робототехнику. Около [половины опрошенных химических компаний](#) из различных стран считают внедрение роботов и систем автоматизации одной из ключевых задач развития бизнеса. Сегодня химическая промышленность относится к крупным рынкам сбыта промышленной робототехники. Согласно данным Международной федерации робототехники (IFR), отрасль находится на четвертом месте по установкам и парку имеющихся роботов – 22.4 и 230 тыс. соответственно (после автомобилестроения, производства электроники, металлообработки и машиностроения). Такая же позиция достигнута и по выручке от реализации промышленной робототехники для химических производств (более [700 млн долл.](#) в 2023 г., или [около 7%](#) общемирового объема выручки промроботов).

Роботы для химии: страновой срез

Основной спрос на робототехнику формируют лидеры химической промышленности – Китай, США, страны Европы, Япония, Республика Корея, а также Турция. В совокупности они аккумулируют около 80% выручки рынка и парка промышленных роботов для отрасли (табл. 2). Такое распределение объясняется не только масштабами производства и потребления химической продукции, но и наличием собственной индустрии робототехники, поддерживаемой государством, проектами интеграции роботов в производственные процессы предприятий.

Таблица 2. Показатели рынка промышленной робототехники для химической промышленности: топ-15 стран

№	Страна	Объем выручки от продажи промышленных роботов для химической отрасли в 2023 г., млн долл.	Парк промышленных роботов в химической отрасли в 2023 г.		Средний темп установок промышленных роботов в химической отрасли в 2018–2023 гг., %
			тыс. ед.	% от совокупного парка промышленных роботов страны	
1.	Китай	126.3	66.1	3.8	+3
2.	Германия	76.7	22.9	8.5	-4
3.	США	69.2	29.8	7.8	+1
4.	Япония	65.6	17.4	4.0	-6
5.	Италия	43.1	11.3	11.7	+17
6.	Франция	34.4	6.4	11.0	0
7.	Республика Корея	28.7	8.3	2.2	+21
8.	Нидерланды	22.3	1.6	7.6	-2
9.	Швеция	18.5	1.5	8.8	+18
10.	Турция	15.3	3.2	12.0	+8
11.	Австрия	15.2	1.9	10.3	-7
12.	Испания	14.5	3.4	7.7	-7
13.	Великобритания	14.3	2.9	10.2	-5
14.	Бельгия	13.7	1.0*	8.1*	+2*
15.	Дания	13.4	1.9	19.4	+29

Примечания: [цветом](#) выделены пять стран с наибольшими значениями по каждому показателю.

* Данные по показателю парка и среднего темпа установок промышленных роботов приведены в совокупности для Бельгии и Люксембурга.

Источник: расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по [данным](#) Statista Markets Insights и ежегодного отчета IFR о промышленной робототехнике за 2024 г. (World Robotics 2024 – Industrial Robots).

Лидирующие позиции Китая во многом объясняются огромным вниманием к отрасли со стороны государства: в частности, химические предприятия отмечены среди ключевых направлений использования в [плане по развитию робототехники](#). Интеграцией роботов на предприятиях химпрома занимаются крупные игроки (немецкая KUKA, приобретенная в 2016 г. китайской Medea Group) и ряд специализированных компаний (например, [KrausMaffei](#), изначально тоже имевшая европейскую прописку).

США владеют вторым в мире парком робототехнических комплексов для химических производств (около 30 тыс.). Однако можно констатировать его насыщение в силу относительно слабых темпов прироста новых установок (+1% в 2018–2023 гг.). С учетом структуры парка роботов и роста капитальных затрат (с [28 млрд долл.](#) в 2021 г. до [34 млрд долл.](#) в 2024 г.), речь идет в основном о дорогостоящих установках по выпуску материалов для высокотехнологичной промышленности, в том числе полупроводников и компьютерного оборудования.

Высокие темпы прироста установок роботов в химической отрасли сохраняет Республика Корея (более 21% в 2018–2023 гг.), где роботизация капиталоемких промышленных предприятий стимулируется государством. Так, при финансовой поддержке правительства разработана модель робота для [транспортировки тяжелых грузов](#) (бочки, рулоны пленки и др.) на химических производствах.

Примечательно, что из топ-15 стран-лидеров по внедрению промышленных роботов в химической индустрии десять – члены ЕС и Великобритания. Однако темпы установок новых роботов в крупных европейских экономиках (Франции, Германии), а также Австрии и Испании снижаются на фоне слабого внутреннего спроса на химическую продукцию, сокращения объемов выпуска, высоких цен на электроэнергию (например, в [четыре–пять раз](#) выше, чем в США), закрытия ряда предприятий. В Германии [40%](#) промышленных компаний планируют инвестировать за пределами страны в ближайшие годы.

Напротив, высокая динамика установок роботов отмечается в Италии (+17% в 2018–2023 гг.). Ее химпром характеризует более высокая доля выпуска специальных и потребительских химикатов ([60%](#) в структуре общей стоимости, ЕС в целом – только порядка 40%). В стране развиваются наукоемкие химические производства (за 2011–2021 гг. штат сотрудников для проведения исследований и разработок увеличился на [73%](#)). Важную роль в развитии отрасли играют меры государственной поддержки, включая налоговые льготы.

Самые высокие темпы роста установок роботов – в Дании (+29% в 2018–2023 гг.), ее химическая отрасль считается одной из наиболее [высокопроизводительных](#): на фармацевтическую индустрию приходится [90 и 50%](#) роста реального ВВП страны в 2022 и 2023 гг. соответственно. Эта динамика в том числе достигнута за счет роста спроса на популярные в последние годы препараты для похудения Ozempic и Wegovy. Устойчивость химической отрасли Швеции (+18% в 2018–2023 гг.) опирается на надежное [электроснабжение](#) и доступность сырья. Достаточно высоки темпы роботизации отрасли в Турции (+8% в 2018–2023 гг.), входящей в [топ-10](#) стран в мире по выпуску пластика и объемам потребления удобрений.

Тенденции роботизации

В целом промышленная робототехника для химии представляет сравнительно **узкую нишу** – не более 5% общемирового парка роботов. Во многом это обусловлено спецификой отрасли, в которой изначально многие процессы производства химических веществ проходят автоматическую обработку в крупных промышленных установках с минимальным участием человека. Чаще всего на химических предприятиях роботы выполняют различные стандартные задачи, включая литье пластмасс под давлением, сборку и упаковку, смешивание и обработку химических веществ, погрузочно-разгрузочные работы и др. Химические производства представляют собой крупные объекты, на которых располагаются сложное крупногабаритное промышленное оборудование, системы трубопроводов, печей и др. Одна из основных задач, стоящих перед компаниями отрасли – обеспечить безопасность действующей инфраструктуры и оборудования, а также продлить срок их активной эксплуатации.

По мере усложнения производственных процессов отрасль формирует спрос не только на промышленных, но и **сервисных роботов**. Главным образом это связано со снижением угроз со стороны опасных для человека и окружающей среды химических процессов. К примеру, для мониторинга состояния производственных объектов используются мобильные роботы, включая воздушные и наземные аппараты (гусеничные, шагающие). Роботы могут выполнять [комплексную инспекцию](#): проводить оцифровку объектов, диагностику и сканирование труб, оборудования (насосов, компрессоров), резервуаров, выявлять утечки газов и др. Мобильные наземные системы с высокой грузоподъемностью необходимы для транспортировки грузов по территории предприятия.

Крайне востребованное направление – **робототехника для ликвидации внештатных ситуаций**, в том числе при высоком уровне химических загрязнений. В силу широкого арсенала потенциальных применений разработка таких роботов активно поддерживается государством. Особенно востребованы роботы для длительной работы в токсичных условиях с целью очистки химических объектов, включая недоступные для человека помещения. Компании из разных стран,

в том числе России, поставляют на рынок системы автономной очистки резервуаров для хранения нефти и других веществ.

С появлением новых экологических требований к организации сложных производств и их эффективности все более востребованной становится специализированная инфраструктура, обеспечивающая **автоматизацию отраслевых лабораторий**. По некоторым оценкам, внедрение робототехники на разных этапах лабораторных исследований позволит повысить эффективность от двух до десяти раз в сравнении с ручными методами. В ряде стран (Китай, Великобритания и др.) активно разрабатываются мобильные роботы, оснащенные ИИ-системами, в том числе коллаборативные, способные к взаимодействию с людьми и между собой, помогающие проводить эксперименты и выполнять сопутствующие задачи (заливка жидкостей, измельчение твердых частиц, проверка гипотез и др.).

Резюме

Роботизация химической отрасли давно перестала быть просто модным трендом и превратилась в один из ключевых факторов сохранения эффективности бизнеса в нестабильных условиях. В мире химическая отрасль представляет относительно узкий, но перспективный рынок сбыта промышленной и сервисной робототехники. Значительная доля основных производственных процессов изначально автоматизированы с помощью архитектуры сложного оборудования и происходят с минимальным участием человека. Робототехнические комплексы чаще всего помогают решать сопутствующие производственные задачи (транспортировка, мониторинг и др.). Наиболее значимое направление – роботы для выполнения задач в недоступных или вредных для человека средах, обеспечивающие безопасность и контроль производственных процессов, а также реагирование на внештатные ситуации.

В России потенциал роботизации химической отрасли, необходимый для достижения амбициозных планов развития промышленности, только предстоит реализовать. В свете стартовавших национальных проектов технологического лидерства «Новые материалы и химия» и «Средства производства и автоматизации» химическая отрасль может стать одним из долгосрочных заказчиков роботизированных систем, содействуя тем самым развитию внутреннего рынка робототехники, причем как промышленной, так и сервисной.



Источники: данные системы интеллектуального анализа больших данных iFORA (правообладатель – ИСИЭЗ НИУ ВШЭ); результаты проекта в соответствии с утвержденным перечнем тем работ научно-методического обеспечения, предусмотренных Государственным заданием Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» на 2025 год.

■ Материал подготовили **Н. П. Марчук, Ю. В. Туровец**

Данный материал НИУ ВШЭ может быть воспроизведен (скопирован) или распространен в полном объеме только при получении предварительного согласия со стороны НИУ ВШЭ (обращаться issek@hse.ru). Допускается использование частей (фрагментов) материала при указании источника и активной ссылки на интернет-сайт ИСИЭЗ НИУ ВШЭ (issek.hse.ru), а также на авторов материала. Использование материала за пределами допустимых способов и/или указанных условий приведет к нарушению авторских прав.

© НИУ ВШЭ, 2025