

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Российский научно-исследовательский институт информации
и технико-экономических исследований по инженерно-техническому
обеспечению агропромышленного комплекса»
(ФГБНУ «Росинформагротех»)

ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТОТЕХНИКИ В МЯСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аналитический обзор



Москва 2021

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Российский научно-исследовательский институт информации
и технико-экономических исследований по инженерно-техническому
обеспечению агропромышленного комплекса»
(ФГБНУ «Росинформагротех»)

ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТОТЕХНИКИ В МЯСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аналитический обзор

Москва
2021

УДК 637.5.02
ББК 36.92:32.816.1
К 64

Рецензенты:

Т.М. Гиро, д-р техн. наук, проф.
(ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова»);
С.А. Бредихин, д-р техн. наук, проф.
(ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»)

Коноваленко Л.Ю., Мишуров Н.П., Никитина М.А. Применение робототехники в мясной промышленности: аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. – 80 с.

ISBN 978-5-7367-1630-2

Рассмотрены вопросы развития промышленной робототехники в России и за рубежом. Показаны последние разработки в этой области для первичной переработки скота, операций по сортировке и упаковке готовой мясной продукции. Рассмотрены системы технического зрения, используемые в данных робототехнических решениях. Показан опыт работы роботов на предприятиях по переработке мяса. Даны предложения по дальнейшему развитию и использованию роботов на предприятиях отечественной мясной промышленности в целях содействия реализации Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации и ведомственного проекта «Цифровое сельское хозяйство».

Предназначен для руководителей и специалистов предприятий мясной промышленности, научных работников, а также преподавателей и студентов вузов.

Konovalenko, L.Yu., Mishurov, N.P., Nikitina, M.A. Use of Robotics in the Meat Industry. Analytical Overview (Moscow: Rosinformagrotekh) 80 (2021).

The issues of the development of industrial robotics in Russia and abroad are discussed. The latest projects in this area for the primary processing of livestock and sorting and packaging of finished meat products are described. Artificial vision systems used in these robotic solutions are described. The work experience of robots at meat processing enterprises is shown. Proposals are given for the further development and use of robots at enterprises of the domestic meat industry in order to facilitate the implementation of the Strategy for Scientific and Technological Development of the Russian Federation and the Digital Agriculture departmental project.

It is intended for managers and specialists of meat industry enterprises, researchers, as well as teachers and university students.

УДК 637.5.02
ББК 36.92:32.816.1

ISBN 978-5-7367-1630-2

© ФГБНУ «Росинформагротех», 2021

ВВЕДЕНИЕ

Как показывает отечественный и международный опыт, применение цифровых технологий является одной из основных особенностей современного периода развития мирового сельского хозяйства, важным фактором, обеспечивающим рост производительности труда, ресурсосбережения, снижения потерь продукции в процессе производства, транспортировки, хранения и реализации. На необходимость перехода к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям и роботизированным системам указано в Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642 [1]. Министерством сельского хозяйства Российской Федерации в настоящее время реализуется ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство», способствующий внедрению цифровых технологий и платформенных решений в АПК, в том числе в пищевую и перерабатывающую промышленность [2].

Центральным элементом цифровизации и ключевым элементом четвертой промышленной революции признаны роботы, которые в настоящее время выполняют 47% всех задач, связанных с обработкой информации, и 31% работ, требующих приложения физического труда, в том числе при производстве пищевой продукции [3].

Стремление освободить человека от выполнения физически и психологически тяжелых операций в области переработки скота и выработки мясной продукции было и остается одной из основных задач специалистов мясоперерабатывающей промышленности, где более 60% всех технологических операций до сих пор выполняется вручную [4]. Главным трендом для мясной промышленности в области цифровизации являются максимальная автоматизация и роботизация технологических процессов на мясоперерабатывающих предприятиях – от обездвиживания животных до упаковки готовой продукции.

С начала XXI в. робототехника применяется в мясной промышленности за рубежом: роботы работают на линиях убоя, распиливают и разрезают туши, определяют категоричность входного сырья методом сканирования, используются на линиях упаковки готовой продукции. Это позволяет практически исключить работу человека при низких температурах и максимально улучшить санитарно-гигиеническое качество готовой продукции. Необходимо изучать и использовать данный опыт на отечественных мясоперерабатывающих предприятиях [5]. В этой связи создание открытого источника информации о научном и научно-техническом заделе в рассматриваемой области и подготовка аналитического обзора об инновационных робототехнических решениях для мясной промышленности являются весьма актуальными.

Результаты исследований, представленные в обзоре, будут содействовать реализации Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации и ведомственного проекта «Цифровое сельское хозяйство» по направлению «Умная переработка», способствовать внедрению в практику цифровых решений при переработке мяса, что позволит значительно повысить производительность и качество выпускаемой мясной продукции.

1. АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ РОБОТОТЕХНИКИ В МИРЕ

С развитием промышленной робототехники создается новый тип промышленного производства, где люди освобождаются от выполнения не безопасных для здоровья операций, монотонных рутинных задач и могут переключиться на работу, требующую творческого подхода.

Первый промышленный робот Unimate был изобретен Джозефом Энгельбергером. В 1961 г. данное устройство было установлено на предприятии компании «General Motors» для обслуживания машины литья под давлением. Устройство приводилось в движение гидравлическим приводом, что превалировало в первые десять лет развития промышленной робототехники, пока в 1974 г. компания ASEA (Швеция) не разработала первого промышленного робота с электрическими приводами – IRB 6. Его отличали также антропоморфическая конфигурация и микропроцессорная система управления. Соотношение затрат на электронику и механику в этих системах составляло 75 к 25%. В настоящее время оно изменилось на противоположное и конечная стоимость электроники продолжает неуклонно снижаться. В 1970-х годах появились недорогие микропроцессорные системы управления, что способствовало снижению стоимости роботов примерно в 3 раза (специализированные блоки управления роботов заменили на программируемые контроллеры) и стало стимулом для массового распространения роботов по всем отраслям промышленного производства.

По оценкам Всемирного экономического форума, в 2018 г. на роботов приходилось около 29% рабочего времени, а к 2025 г. эта доля должна превысить 50%. Преимуществами их использования является то, что роботы выполняют задачи быстрее человека, а обходятся намного дешевле. По расчетам специалистов, в автомобильной промышленности Германии стоимость одного рабочего часа человека составляет 40 евро, а стоимость рабочего часа робота – от 5 до 8 евро. Наблюдается и заметное сокращение сред-

ней стоимости самого промышленного робота – за пять лет на 17% (с 53 тыс. до 44 тыс. долл.) [3, 6].

Темпы роботизации производств в мире в последние годы составляли почти 20% в год. Однако в связи с пандемией, по данным Международной федерации робототехники (IFR), в 2019 г. во всем мире было установлено 373000 промышленных роботов, что на 12% меньше, чем годом ранее (рис. 1) [7].

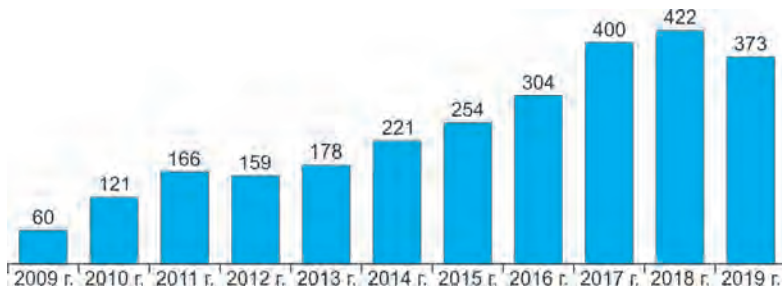


Рис. 1. Продажи промышленных роботов в мире, тыс. шт. (источник: IFR)

Однако продажи остаются на высоком уровне и их число в 2019 г. занимает третье место за всю историю развития робототехники. В то же время общий объем используемых на заводах роботов достиг нового рекорда – 2,7 млн, что на 12% больше, чем в предыдущем году (рис. 2).



Рис. 2. Объем используемых роботов в мире, тыс. шт. (источник: IFR)

Число промышленных роботов, работающих на заводах по всему миру, достигло наибольшего уровня. Мировой рост продаж ро-

ботов за период с 2014 по 2019 г. составил около 85%. Снижение продаж на 12% произошло из-за проблем двух основных потребителей робототехники – автопрома и электронной промышленности. Кроме того, следует учитывать последствия пандемии коронавируса для глобальной экономики.

Азия остается самым большим рынком сбыта для промышленных роботов. Объем используемых роботов в Китае вырос на 21% и в 2019 г. составил около 783 тыс. ед. Второе место занимает Япония, использующая на своих заводах около 355 тыс. манипуляторов (+12%), третье – Индия с новым рекордом – 26300 ед. (+15%). За последние пять лет Индия удвоила количество промышленных роботов, работающих на заводах страны.

Анализ продаж промышленной робототехники по отдельным странам позволяет выделить пятерку лидеров, в которую входят Китай, Япония, США, Южная Корея и Германия (рис. 3).

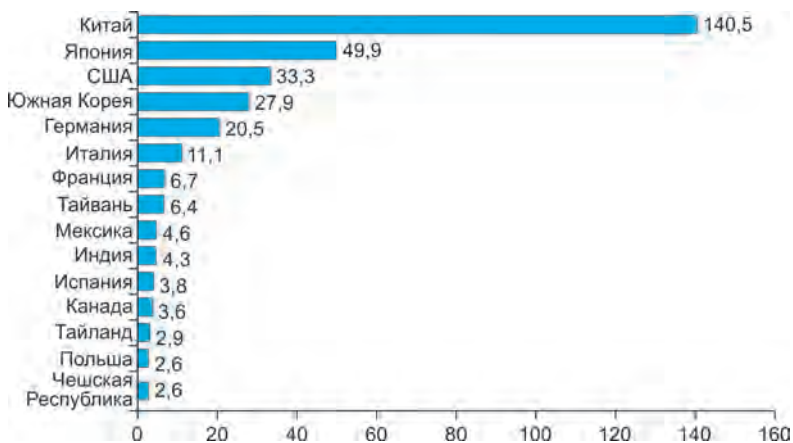


Рис. 3. Количество промышленных роботов, установленных в 2019 г. по странам мира, тыс. шт. (источник: IFR)

Продажи роботов в Азии составляют $\frac{2}{3}$ мировых поставок. В Китае в 2019 г. было продано 140500 роботов, что ниже рекордных 2018 и 2017 годов, но все же более чем в 2 раза выше показателей пятилетней давности (57000 ед. в 2014 г.). Снижение продаж роботов в Китае составило 9%.

Япония – второй крупный потребитель промышленных роботов, где также произошло снижение продаж – в 2019 г. было продано 49 900 роботов, что на 10% меньше, чем годом ранее.

В 2019 г. Европа достигла объема используемых роботов в 580 тыс. ед. (+7%). Основным потребителем остается Германия – 221,5 тыс., что в 3 раза больше, чем Италия (74,4 тыс.), в 5 раз – чем Франция (42 тыс.) и примерно в 10 раз – чем Великобритания (21,7 тыс.).

Крупнейшим пользователем промышленных роботов в Америке стали США, достигнув нового рекордного уровня эксплуатационных запасов – 293,2 тыс. (+7%). На втором месте Мексика – 40,3 тыс. (+11%), за ней следует Канада – около 28,6 тыс. (+2%). Уровень продаж роботов в США в 2019 г. снизился на 17% по сравнению с 2018 г. Объем рынка составил 33,3 тыс., что стало вторым результатом за все время. Большинство роботов импортируется из Японии и Европы. Североамериканских производителей роботов немного, но существует множество крупных интеграторов робототехнических систем. В Мексике установлено 4,6 тыс. роботов (-20%), в Канаде продажи составили 3,6 тыс. (-1%).

Отличительной особенностью современного рынка робототехники становится рост продаж коллаборативных роботов (на 11% в 2019 г.). По мере того, как все большее количество поставщиков предлагают коботов и спектр их применения расширяется, доля этого рынка достигла 4,8% (18 тыс.) от общего числа роботов, установленных в 2019 г. (рис. 4) [7].



Рис. 4. Коллаборативные и традиционные промышленные роботы, тыс. шт. (источник: IFR)

Среди ведущих мировых производителей роботов можно выделить: компании ABB (Швеция), «FANUK», «Kawasaki», «NACHI», «OTC-DAIHEN», «Yaskawa» (Япония), «KUKA Robotics» (Германия), «Panasonic» (Южная Корея), «Universal Robots» (Дания). Япония лидирует по объему производства роботов и продолжает наращивать свои производственные возможности. В 2017 г. в стране было выпущено 56% всех промышленных манипуляторов.

Уровень автоматизации позволяет оценить такой показатель, как плотность роботизации, – количество роботов на 10 тыс. работников промышленности. Среднемировая плотность роботизации составляет около 100 роботов на 10 тыс. рабочих. В ведущую пятерку стран по уровню роботизации входят Южная Корея, Сингапур, Германия, Япония, Швеция (рис. 5) [23].

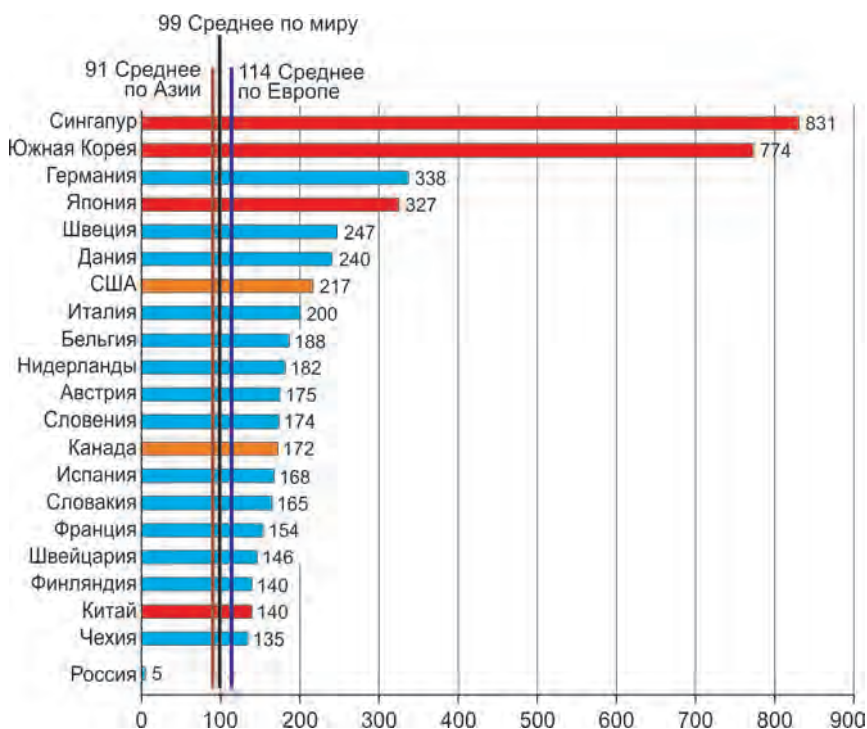


Рис. 5. Плотность роботизации по странам (на 10 тыс. рабочих), шт. (данные 2018 г.)

Уровень роботизации отечественной промышленности пока крайне низок. В Россию ежегодно поставляется около 600 роботов, плотность роботизации составляет примерно 5 роботов на 10 тыс. работников [6].

К основным отраслям, для которых поставляются промышленные роботы по миру, относятся автомобилестроение (около 50%), производство электроники, металлургия, машиностроение, химическая промышленность.

Перспективы развития пищевой промышленности, как и большинства других отраслей, связаны с реализацией цифровых преобразований в производстве. Прирост поставок роботов в пищевую промышленность в 2018 г. увеличился на 20% по сравнению с предыдущим годом. Незначительное уменьшение наблюдалось в 2019 г., как, впрочем, и в других отраслях (рис. 6) [7].

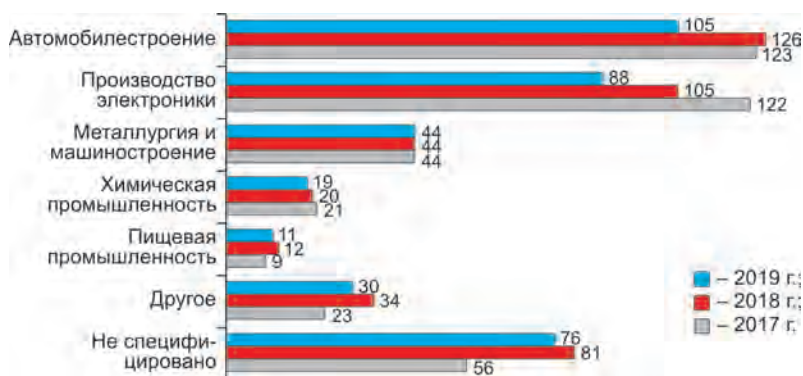


Рис. 6. Продажа промышленных роботов в отраслях производства, тыс. шт. (источник: IFR)

Таким образом, глобальный экономический кризис, связанный с пандемией COVID-19, отрицательно повлиял на продажу промышленных роботов, однако в среднесрочной перспективе, по мнению специалистов, этот кризис станет стимулом цифровизации, который создаст возможности для роста индустрии робототехники во всем мире.

На протяжении многих лет пищевая промышленность рассматривается как значительный потенциальный потребитель роботов в

основном из-за большого количества операций, выполняемых вручную. Однако количество используемых в этой отрасли роботов пока невелико, так как затраты на труд ниже, чем в других отраслях (таких как автомобилестроение и др.), что затрудняет обоснование необходимости внедрения автоматизации. Несмотря на то, что рыночная стоимость робототехники в пищевой промышленности, как ожидается, вырастет к 2022 г. с 1,3 млрд до 2,5 млрд долл., это по-прежнему составляет менее 2% общих мировых расходов на робототехнику.

Первый промышленный робот в пищевой промышленности появился в 1950 г. и использовался в компании «TetraPak» (Швеция) для перемещения корзин с пакетами-пирамидками. В 1970 г. началось создание первых роботизированных участков группового упаковывания продуктов, а в 1986 г. был применен первый роботизированный комплекс в пищевой промышленности России. В 1989 г. компания Otto Hansell на своей роботизированной машине для упаковки шоколадных конфет впервые применила систему технического зрения, что позволило укладывать предварительно неориентированные кондитерские изделия. В 2007 г. был разработан робот Smart Packer для упаковки куриных яиц в специальные контейнеры, которые затем группировались по 15 шт. и укладывались в коробки. Для обеспечения защиты содержимого при транспортировке робот наполнял коробки специальным пенопластом.

В пищевой промышленности примерно 50% роботов применяется для выполнения операций по упаковке и паллетизации продукции. Роботы занимаются погрузкой/разгрузкой пакетов, коробок, поддонов. Современная робототехника позволяет значительно повысить эффективность сбора заказов и упаковки.

По данным IFR, больше всего роботов в пищевой промышленности используется в Европе. Остальные страны также начинают использовать роботов в этой промышленной отрасли. Так, США, Италия, Германия, Япония и Китай в 2012 г. приобрели наибольшее количество промышленных роботов для производства пищевых продуктов (США – 672, Италия – 614, Германия – 588, Япония – 584, Китай – 482). При этом наблюдается рост продаж: в странах Европы они выросли с 2480 ед. в 2013 г. до 3766 ед. в 2017 г., в США – с 769 ед. в 2010 г. до 2438 ед. в 2018 г., в Японии – с 584 ед. в 2012 г. до 944 ед. в 2019 г. (табл. 1).

Таблица 1

Объем продаж роботов в пищевой промышленности (ед.) и индекс роста продаж (%) [8]

Страна/регион	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Япония	-	-	584	735	679	516	683	778	1068	944
индекс роста, 2013 г. = 100%	-	-	79,5	100	92,4	70,2	92,9	105,9	145,3	128,4
темпы роста (к предыдущему году), %	-	-	-	25,9	-7,6	-24,0	32,4	13,9	37,3	-11,6
США	769	800	672	1080	972	1025	1114	1523	2438	-
индекс роста, 2013 г. = 100%	71,2	74,1	62,2	100	90,0	94,9	103,1	141,0	225,7	-
темпы роста (к предыдущему году), %	-	4,0	-16,0	60,7	-10,0	5,5	8,7	36,7	60,1	-
Европа	-	-	-	2480	3192	2772	3412	3766	-	-
индекс роста, 2013 г. = 100%	-	-	-	100	128,7	111,8	137,6	151,9	-	-
темпы роста (к предыдущему году), %	-	-	-	-	28,7	-13,2	23,1	10,4	-	-
Всего в мире	-	-	-	6200	7056	6853	8194	9724	12000*	11000*
индекс роста, 2013 г. = 100%	-	-	-	100	113,8	110,5	132,2	156,8	193,0*	177,4*
темпы роста (к предыдущему году), %	-	-	-	-	13,8	-2,9	19,6	18,7	23,4*	-8,3*

* Расчеты авторов по данным IFR.

В 2018 г. наиболее существенно выросли продажи роботов для пищевой промышленности в США (в 2,3 раза по сравнению с 2013 г.) и Японии (в 1,5 раза).

Поставки роботов американским компаниям, производящим продукты питания, в 2018 г. выросли на 60% по сравнению с 2017 г. По данным Ассоциации технологий упаковки и обработки (Association for Packaging and Processing Technologies), около 94% компаний по упаковке пищевых продуктов уже используют робототехнику в своей деятельности.

По данным исследователей, плотность роботизации в пищевой промышленности европейских стран увеличилась за период 2013-2017 гг. на 35%. (с 62 до 84 ед). Самая высокая плотность роботизации наблюдалась в Швеции и Дании (174 ед.) (табл. 2).

Таблица 2

**Плотность роботизации в пищевой промышленности по странам
(число роботов на 10 тыс. работников), шт. [8]**

Страна	2008 г.	2011 г.	2017 г.
Германия	55	57	80
США	40	50	-
Япония	25	23	-
Южная Корея	13	21	-
Китай	3	7	-
Швеция	-	-	174
Дания	-	-	174
Бельгия	-	-	82
Италия	-	-	145
Франция	-	-	55
Великобритания	-	-	40

Промышленные роботы в пищевой промышленности используются для автоматизации следующих процессов:

- поднятие предметов и размещение их на линии упаковывания;
- обработка продукции (например, теста в пекарне; очистка, заполнение и укладка бутылок на конвейерную ленту в индустрии напитков);

- паллетирование (укладка на поддоны коробок с макаронными и кондитерскими изделиями и др.);
- разгрузка поддонов;
- нарезка сырной, мясной продукции, тортов и др.;
- разделка мяса;
- укладка и перемещение готовой продукции (кондитерские изделия, пицца и др.);
- сортировка и отбраковка продукции (роботы сортируют овощи и фрукты, дифференцируя их по размеру, цвету и форме);
- упаковка продукции: рулетов из слоеного теста с шоколадом и сливками, буханок хлеба в коробки, круассанов и сыров в пластиковые лотки, сэндвичей, эклеров, конфет и шоколада;
- проверка и контроль качества овощей и фруктов, хлебобулочных изделий путем отбора гнилых или неоптимальных продуктов перед упаковкой и др.;
- работа в морозильных и холодильных камерах;
- украшение продуктов (роботы могут украсить несколько продуктов одинаково, а также разрезать продукты на сложные формы) [8].

Анализ информации показал, что в пищевой промышленности чаще всего используются роботы компаний «Yaskawa», «Motoman», ABB, «FANUC», «Kuka», «Stäubli», «Epson», «Omron» и др. Компании-производители имеют разветвленную сеть интеграторов, которые разрабатывают проекты по автоматизации производственных процессов на базе промышленных роботов, выполняют сборку, установку и настройку робототехнических комплексов на производстве, а также производят дальнейшее обслуживание внедренного оборудования. Некоторые из компаний-интеграторов, работающих на территории России, представлены в приложении.

2. СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ РОБОТОВ В МЯСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Промышленные роботы предназначены для того, чтобы заменить людей на производстве, а значит, должны не только выполнять физические операции, но и «чувствовать», ориентироваться в пространстве, а также принимать самостоятельные решения.

Если раньше внедрение роботизации в мясоперерабатывающую отрасль замедлялось во многом из-за сложности распознавания обрабатываемого объекта (например, туши, полутуши или отруба), то в настоящее время с развитием различных систем технического зрения данная проблема практически решена. Машинное (техническое) зрение – способность промышленных роботов воспринимать и обрабатывать зрительную информацию (рис. 7) [9].

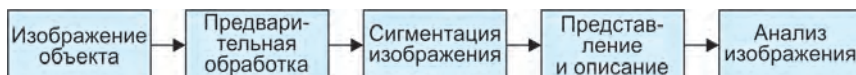


Рис. 7. Блок-схема операций обработки изображений в системе технического зрения

Большую роль в развитии данных систем в мясной промышленности сыграло широкое распространение рентгеновского излучения и технологии объемного сканирования. Такие методы обладают достаточной полнотой получаемого изображения, которое легко обработать, а затем на основе полученных данных задать траекторию движения роботу для каждого конкретного обрабатываемого объекта в отдельности.

Кроме приведенных методов распознавания обрабатываемого объекта, на мясоперерабатывающих предприятиях используются также ультразвуковое сканирование, магнитно-резонансная и инфракрасная термография и различные оптические методы (табл. 3).

**Современные методы распознавания обрабатываемого объекта,
используемые в системах технического зрения роботов [10]**

Методы распознавания объекта	Характеристика	Область применения
Ультразвуковое сканирование	Позволяет получать двухмерное изображение исследуемых объектов. Сущность метода заключается в перемещении ультразвукового пучка по поверхности исследуемого объекта. Этим обеспечивается регистрация сигналов одновременно или последовательно от многих точек объекта. Яркость каждой светящейся точки на экране индикатора при ультразвуковом сканировании находится в прямой зависимости от интенсивности эхосигнала. Сильный эхосигнал обуславливает на экране яркое светлое пятно, а слабые – различные серые оттенки, вплоть до черного цвета (система «серой шкалы»). Изображение подвергается математической обработке, в результате чего определяются площадь, периметр, поверхность и объем исследуемого объекта	Хорошо отражается на границах «мышца-надкостница-кость», на поверхности полых органов и др. В результате использования данного метода можно определить расположение и размер неоднородных включений, полостей, внутренних органов животного. Ультразвуковое сканирование широко применяется как для прогнозирования качества убойных животных в процессе их роста, так и для классификации туш после убоя. Робот для определения сортности туш убойных животных с применением ультразвука разработан в Шотландии
Магнитно-резонансная томография (МРТ)	Метод получения информации об объекте с помощью компьютерной реконструкции изображения в виде срезов или трехмерных изображений из серии снимков. Томографы работают на основе эффекта ядерного магнитного резонанса, поэтому в отличие от рентгена при использовании МРТ отсутствует ионизирующее излучение	Позволяет оценить объемы внутренних органов, отдельных мышц, других мягких тканей, которые тесно связаны с соответствующими свойствами, определяемыми при разделке туши на основные элементы

Методы распознавания объекта	Характеристика	Область применения
Инфракрасная термография (тепловидение)	При использовании инфракрасного излучения происходит преобразование тепловых контрастов в изображения, видимые глазом (энергетические яркостные контрасты в инфракрасной области преобразуются в такие контрасты в видимой области спектра)	Позволяет производить обзор, определять местоположение объектов и распознавать их формы. В переработке мяса широкого распространения не получил. Вероятно, по причине того, что исходное сырье не имеет ярко выраженных тепловых контрастов (после убоя) и поэтому точно описать обрабатываемый объект невозможно
Оптические методы	Изображения получают от аналоговых и цифровых фото- и видеокамер	Цифровые изображения могут использоваться с целью автоматической идентификации, для измерения расстояний и площадей, классификации туш по постности мяса, торговой стоимости и др. Сканирование свиных полутуш с помощью цифровых камер активно применяется в оборудовании фирмы «CSB-System»
Применение рентгена	Основан на использовании рентгеновского излучения	Используется для технологических операций, связанных с точным определением границ костной и мышечной ткани, например обвалки. Рентгеновское излучение эффективно также при определении

Методы распознавания объекта	Характеристика	Область применения
Применение рентгена	Основан на использовании рентгеновского излучения	траекторий резания, проходящих по внутренним элементам обрабатываемого объекта. Например, при операции распиловки туш на полутуши, в которых линия распила проходит вдоль позвоночного столба, или при разделке туш, полутуш на отрубы или четвертины
Объемное лазерное сканирование	Самая современная технология, позволяющая работать с объектами сложной пространственной конфигурации. С помощью объемных (3D) лазерных сканеров получают цифровое трехмерное изображение обрабатываемого объекта. Основу работы 3D-сканеров составляет лазерный дальномер, проецирующий луч на сканируемый объект. При этом местоположение лазерного луча отслеживает специальная оптическая камера и отображает абсолютно все искажения формы объекта. После процесса сканирования все необходимые данные о строении и форме исследуемого объекта поступают в компьютер, где происходят анализ полученной информации и построение точной компьютерной модели объекта. Преимущества данного метода: высокая точность снятия данных, отсутствие вредного излучения, бесконтактность	Широко применяется в мясоперерабатывающей отрасли, особенно при первичной переработке скота. Так, американская компания «Movi MED» использует данный метод в робототехническом решении для выреза прямой кишки при разделке свиных туш. Аналогичным образом информацию получает робот JR-50 фирмы «Jarvis», предназначенный для отделения передних конечностей от говяжьих туш

Сканирование свиных полутуш с помощью цифровых камер активно применяется фирмой «CSB-System» (Германия) – рис. 8. Основные преимущества использования цифровых фото- или видеокамер в качестве основы для технического зрения роботов – высокая производительность сканирования и обработки изображения (до 1500 свиных туш/ч), а также невысокая стоимость оборудования и простота в обслуживании.

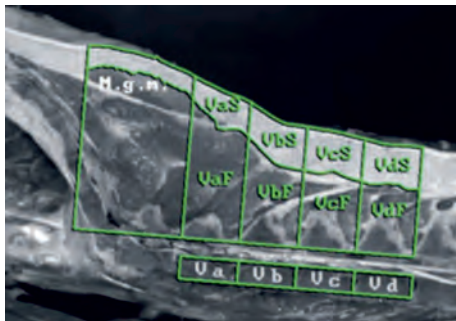


Рис. 8. Снимок свиной полутуши, полученный при помощи цифровой фотокамеры

Рентгеновское излучение используется в оборудовании фирмы «Scott Technology Limited» из Новой Зеландии, в частности, в линии по разделке бараньих туш (рис. 9, 10).



Рис. 9. Роботизированная линия по разделке бараньих туш фирмы «Scott Technology Limited»

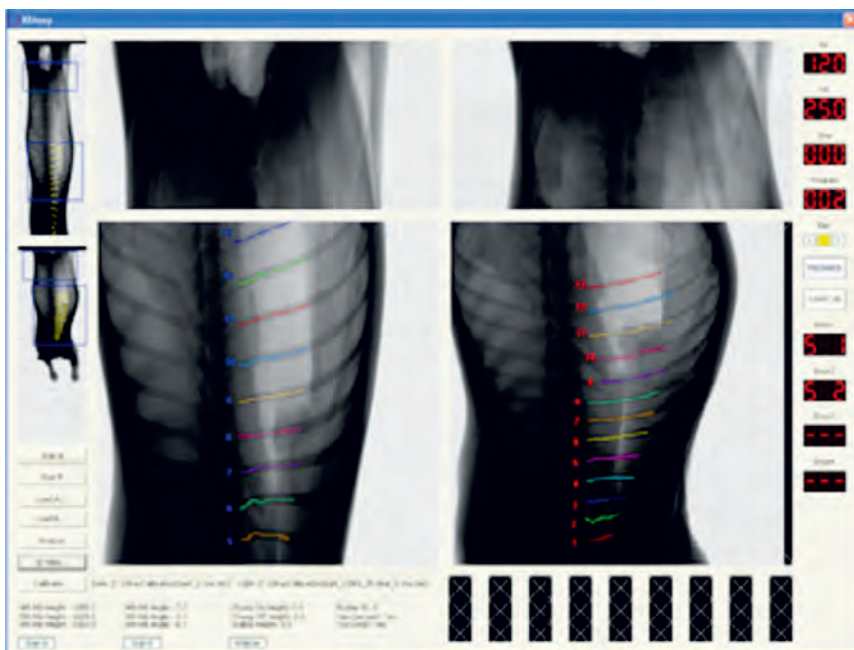


Рис. 10. Рентгеновский снимок бараньей туши, полученный на линии фирмы «Scott Technology Limited»

Подобные методы используются и на этапе упаковки при проверке качества продукции. Компания «Хойфт» (Германия) предлагает оборудование с использованием оптики и рентгена для контроля посторонних включений в пищевой продукции. Машина HEUFT Spotter применяется для контроля посторонних включений в прозрачных бутылках с напитками, а устройства линейки HEUFTe Xaminer II способны проверять продукт любого вида и сложности с помощью уникальной импульсной рентген-технологии – от инспекции в трубе перед розливом до проверки упакованного продукта. Оборудование фирмы «Хойфт» способно выявлять «стекло в стекле» и «металл в металле» для обеспечения безопасности продукции (рис. 11).



Рис. 11. Автоматизация контроля качества продукции на разных стадиях производства. Выявление посторонних включений

Всю информацию по статистике, а также фотографии отбракованной продукции (при использовании камеры) можно выгружать с оборудования HEUFT в режиме реального времени, что является неоценимой помощью для отдела качества при взаимодействии с поставщиками тары и потребителями продукции. Для этого используются программы сбора данных Profilerelemental и PicCollector. Автоматизация систем контроля качества позволяет минимизировать человеческий фактор; осуществлять контроль непосредственно на линии, производить проверку каждой единицы продукции, а не выборочно; проводить автоматическую отбраковку продукции; осуществлять контроль и отбраковку продукции без влияния на производственный процесс (без снижения эффективности линии); автоматический сбор статистики [12].

Компанией «Frontmatec» разработан новый комплекс BCC-3 (Beef Classification Center), предназначенный для категоризации говяжьего сырья на основании данных поточного сканирования, способного формировать полную трехмерную модель туши животного (рис. 12). На основании многоакурсного анализа объемного изображения осуществляется оценка структуры животного посредством специальных алгоритмов для последующего планирования первичных отрубов и оптимальных схем разделки с учетом специфических требований конечных заказчиков. Благодаря системе

ВСС-3 предприятия по убою КРС получают возможность организовать переработку говяжьих туш наиболее оптимальным образом [11].



*Рис. 12. Комплекс Frontmatec BCC (Beef Classification Center)
для категоризации говяжьего сырья посредством
поточного сканирования*

ООО «ГК Агро-Белогорье» – одно из крупнейших предприятий отрасли животноводства. С целью разработки системы машинного зрения для использования на свиномкомплексах компанией создается уникальная неинвазивная система производственной аналитики для свиномкомплексов с использованием искусственного интеллекта. Проект онован на кооперации науки и бизнеса. Научные партнеры проекта – НОЦ «Инновационные решения в АПК» Белгородской области и Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН (ИПУ РАН). Первостепенные прикладные задачи проекта – научиться по видеоданным определять функциональное состояние животного, степень активности или пассивности каждой конкретной особи, а также в автоматическом режиме выявлять заболевания и повреждения кожного покрова свиней [13, 14].

3. РОБОТЫ ДЛЯ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ СКОТА И РАЗДЕЛКИ МЯСНОЙ ПРОДУКЦИИ

Персонал, осуществляющий операции убоя и первичной переработки скота, подвергается не только физическим, но и значительным психологическим нагрузкам. Кроме того, эти операции очень травмоопасны, не исключена вероятность возникновения профессиональных заболеваний, связанных с высокой влажностью и температурными факторами, а также опасность заражения бойца болезнями животных. В этой связи создание безлюдных технологий первичной переработки является самой актуальной задачей мясоперерабатывающей отрасли. Кроме того, её решение позволяет уменьшить микробиальное загрязнение мяса на этапе убоя и первичной обработки туш, улучшить экономические показатели производства [15].

Существенный прогресс в первичной переработке скота наметился, когда появились машины, способности которых были адекватны сложностям технологий, – ими стали роботы, оснащенные системами технического зрения, датчиками осязания.

Первый революционный шаг в этом направлении был сделан в 1980-1990-х гг. в Австралии, где была создана роботизированная линия «Фьюче-Тек» для убоя и переработки крупного рогатого скота. На ней производилось автоматическое электрооглушение животного, затем робот производил закол, на роботизированной установке снималась шкура, с помощью робота отделялась голова, вскрывались брюшная полость и грудь, производились нутровка и разрезание туши на полутуши. Завершалась линия автоматизированной установкой для определения выхода и качества мяса и последующего клеймения полутуш. В ходе процесса вручную проводились только заделка проходника и забеловка. Производительность линии составляла до 350 голов в час при массе поступающих на убой животных от 400 до 700 кг.

Примерно в этот же период в Новой Зеландии была создана линия для убоя и переработки мелкого рогатого скота с элементами

роботизации, а в Дании, Голландии, Германии разрабатывались безлюдные технологии по переработке свиней. В результате был создан целый ряд машин-автоматов с системой подстройки рабочих органов под размеры туш. Эти автоматы выполняли операции заделки проходника, разрезания лонного сращения, вскрытия внутренней полости, нутровки, разрезания туш на полутуши. На базе данных машин проектируются линии для строящихся новых цехов и заводов по переработке свиней в шкуре. И наконец, немецкой фирмой «Banss» была создана роботизированная линия убоя и переработки свиней в шкуре, на которой практически все технологические операции выполняются роботами фирмы «KUKA Roboter GmbH» (рис. 13), имеющими шесть степеней подвижности, одну руку, на которой закреплен рабочий орган. Необходимую информацию данные роботы получают от лазерной системы технического зрения, которая сканирует тушу и передает информацию на центральную ЭВМ. На основании полученной информации система управления в соответствии с заложенными в нее алгоритмами осуществляет разрезы.



Рис. 13. Роботизированная линия первичной переработки свиней фирмы «Banss» на основе роботов KUKA

Роботы нашли применение в сырьевых цехах для разделки полутуш свиней на отрубы. Фирмой «Banss» совместно с норвежской

«Norway Meat» была создана роботизированная ячейка для разделки полутуш свиней производительностью до 400 полутуш в час. В ее состав входят фиксирующие приспособления, система технического зрения и робот, осуществляющий разделку [15].

Таким образом, за короткий срок учеными-инженерами достигнуты значительные результаты в создании безлюдных технологий для первичной переработки. Наиболее роботизированы процессы при переработке свиней. Последние разработки представлены далее.

Роботизация убоя и разделки свиных туш

Крупные зарубежные предприятия по переработке свиней внедряют инновационные технологии убоя с высокой степенью автоматизации. Согласно данной технологии животное сначала попадает на базу предубойного содержания, в которой одновременно могут находиться до 1400 голов. Здесь животные содержатся около 6 ч. После этого свиньи поступают по специальному тоннелю в установку с газовоздушной смесью, состоящей из шести гондол, в каждой из которых помещается четыре или пять животных. Затем гондола закрывается, опускается в герметичный приямок, наполненный газовоздушной смесью с содержанием 60-80% углекислого газа, где останавливается на 10-40 с. В итоге животное переходит в бессознательное состояние, продолжающееся до 2 мин.

Анализ исследований показал, что для оглушения свиней целесообразнее использовать углекислый газ, нежели электрический ток, так как снижается вероятность внутренних кровоизлияний и обеспечивается эффективное обескровливание.

Затем оглушенную свинью поднимают, выгружают из бокса, накладывают путовую цепь на заднюю ногу (ниже скакательного сустава), затягивают образовавшуюся петлю, набрасывают крюк путовой цепи на рельсовый путь элеватора, и туша автоматически перемещается к роботизированной установке обескровливания.

Далее двигаясь по конвейеру, свиная туша попадает в специальный тоннель, где ошпаривается в течение 7 мин при температуре +61-63°C. Влажный воздух поднимается с пола тоннеля и конденсируется на ее поверхности. От высоких температур ослабевают структуры волосяных сумок, облегчая дальнейшее удаление щети-

ны. После окончания ошпаривания туша автоматически высвобождается из путовой цепи и попадает в барабан машины для очистки от щетины, далее – в вертикальном положении транспортируется через моечную машину для удаления грязи, остатков кожи и щетины.

В специальной печи осуществляется следующий этап обработки туши – опалка, в результате которой в течение 3 с при температуре 900-1100°C сжигаются остатки щетины и эпидермис. После этого туша проходит через бичевую моечную и полировочную машину, где происходит очистка ее поверхности от остатков сгоревшей щетины и эпидермиса, а затем – через вторую опалочную печь для уменьшения количества микроорганизмов на поверхности окорока [16, 17].

Перед поступлением на роботизированные позиции туши животных проходят через трехмерный лазерный сканер, который направляет в контроллер робота трехмерную модель их поверхности. Специальное программное обеспечение программно-логического контроллера на основе полученной модели вычисляет оптимальные траектории нанесения резов. Оптическая система робота сличает пришедшую тушу с полученной трехмерной моделью и осуществляет надлежащие операции разделки.

Рука робота облачена в защитный рукав, который препятствует загрязнению механизмов продуктами разделки туш и исключает загрязнение сырья компонентами смазки. Внутри рукава поддерживается избыточное давление для исключения его цепляния и защемления агрегатами робота. Защитный рукав после снятия с робота может подвергаться санитарной обработке. Осуществлять очистку режущего инструмента согласно заданной программе позволяет программно-интегрированная функция автоматической мойки. Благодаря наличию различных насадок (циркулярные пилы, пилы возвратно-поступательного действия, перекусывающие клещи и др.) один и тот же робот может использоваться на разных операциях.

Роботизированное оборудование, входящее в состав линии, выполняет следующие операции: удаление прямой кишки; разделение крестцовой и грудной костей свиной туши; разрезание мышц живота перед нутровкой; рассечение шейных позвонков; отделение ног; распиловка туш на полутуши; разделка полутуши на отрубы (табл. 4).

Таблица 4

Роботы для первичной переработки свиней фирмы «Banss»

Наименование	Внешний вид	Характеристика
Робот RFPC (рис. 14)		Предназначен для отделения передних копыт свиньи. Представляет собой гидравлический инструмент со специальными ножами. Производительность – до 650 свиней в час. После каждого рабочего цикла происходит стерилизация инструмента
Робот RBD (рис. 15)		Предназначен для удаления прямой кишки свиньи
Робот RHC (рис. 16)		Предназначен для разделения крестцовой области свиной туши. В качестве рабочего органа используется секач
Робот RBO (рис. 17)		Предназначен для вскрытия брюшка и грудины. Позволяет разделять грудную кость и разрезать мышцы живота перед нутровкой. В качестве рабочего органа применяется дисковый нож. Используя данные, полученные устройствами сканирования туши, робот выполняет разрез по строго заданной траектории, что исключает возможность брака, возникающего при применении ручного труда

Наименование	Внешний вид	Характеристика
Робот RNC (рис. 18)		Предназначен для отделения конечностей и голов. Работает с помощью специальных гидравлических ножниц
Робот RPS (рис. 19)		Предназначен для разделения туш на полутуши при помощи дисковых пил, закрепленных на раме

На линиях убоя и первичной переработки скота возможна также установка роботов, выполняющих обвалку. Роботизированный комплекс обвалки свинины производит операции предварительной разделки полутуш. Робот осуществляет операции горизонтального и вертикального разреза полутуш. Для точного выполнения разрезов производится оптическая обработка изображения при помощи программного обеспечения отдельного компьютера, подключенного к системе управления роботом.

Разрезы делают на тушах, закрепленных на разделочном столе, который состоит из рамы, столешницы, захватного устройства и прижимной планки. Столешница и фиксирующие устройства крепятся на раме, являющейся несущим элементом конструкции. Столешница представляет собой плоскую поверхность синего цвета (так как синий и красный цвета находятся в разных концах светового спектра, то получается контрастное изображение). Вдоль центральной оси располагаются шесть вакуумных присосок, фиксирующих полутушу во время процесса распиливания. Столешница закреплена на раме шарнирами. Во время операции распиливания она отклоняется от вертикального положения. Захватное устройство удерживает полу-

тушу в средней части. Прижимная планка предназначена для фиксации нижней части полутуши. При поступлении полутуши прижимная планка прекращает ее колебания для более надежного и качественного закрепления на столе. В процессе распиливания полутуши, в зависимости от того, какой распил производится, захваты удерживают полутушу или отпускают ее. Последующая, более тонкая разделка свиных туш, происходит с использованием ручного труда.

Приведенная технология убоя и первичной переработки свиней используется на крупных европейских предприятиях с большим объемом производства [16, 18].

На выставке IFFA-2019 (Германия) компания «Marel» представила новую линейку роботизированных систем M-Line для переработки свиных туш на линии убоя. Данные роботы воплотили проверенные практикой наработки и новейшую концепцию двойного инструментального узла. Суть последней заключается в попеременной работе каждого из инструментов: когда один выполняет работу, другой подвергается стерилизации в резервной позиции. Благодаря такому распараллеливанию фаз состояния инструмента одновременно обеспечиваются высокий уровень производительности и образцовые условия санитарии и гигиены на производстве. Высокая точность выполнения операций достигается благодаря использованию продвинутой технологии трехмерного сканирования – данные нескольких сканирований обрабатываются программным комплексом Colipha, который был разработан специалистами компании для оптимизации пространственных траекторий движения инструментальных насадок робота в соответствии с анатомическими особенностями каждой отдельной свиной туши.

Практика показала, что уровень стабильности выполнения операций роботами серии М на линии убоя недостижим в случае аналогичных ручных операций. На данный момент «Marel» предлагает роботизированные системы серии М для:

- разделения тазовой кости, вскрытия брюшной полости и распиливания грудной кости;
- гигиеничного удаления прямой кишки;
- подрезания шейных позвонков;
- распиловки на полутуши;
- удаления внутреннего жира [19].

На выставке IFFA-2019 было представлено также несколько образцов новейших роботизированных систем для линий убоя от группы компаний **«Frontmatec» в кооперации с испанской компанией «AIRA»**. В их числе уникальный двойной роботизированный комплекс для распиловки свиных полутуш на половины, сочетающий отличное качество распила с высокой производительностью (рис. 20) [11].



Рис. 20. Двойной распиловочный робот

На стенде компании «Frontmatec» демонстрировался новейший роботизированный модуль в новой конфигурации для отделения позвоночника от среднего первичного свиного отруба с автоматическим отводом отделенных хребтов. В нем также производится разделение среднего отруба на грудинку и корейку посредством новой ленточной пилы. Данное техническое решение, помимо снижения трудозатрат, позволяет обеспечить высокую производственную гибкость, автоматически перестраивать процесс переработки туш с учетом специфических требований заказчиков в зависимости от поступающего сырья, повышая выход более ценной продукции и суммарную производственную эффективность.



Рис. 21. Робот Frontmatec для отделения ребер от грудинки

Еще один пример эффективной интеграции роботизированных технологий в мясоперерабатывающей отрасли – новый робот для отделения ребер от грудинки от компании «Frontmatec» (рис. 21). Положение ребер в каждом отдельном отрубе грудинки определяется с помощью

системы рентгеновского сканирования, которая оперативно передает данные в систему управления робота для быстрого и качественного выполнения данной трудоемкой операции [11].

Специальные роботы для пищевой промышленности компании «FANUK» (Япония) могут выполнять нарезку мяса ломтиками, обеспечивая высокую точность и наименьшее количество отходов (рис. 22) [20].

Еще одним лидером в разработке роботов для мясной промышленности является американская компания «Jarvis». Одна из разработок компании – робот JR-50 для отделения голов и конечностей свиней (рис. 23), работающий в линии производительностью до 1200 голов в час.

В нем используются контроллеры с технологией трехмерного зрения в режиме реального времени, что позволяет осуществлять точное и последовательное позиционирование режущего блока относительно туши животного. Основание робота выполнено из нержавеющей стали, рука полностью закрыта защитным кожухом, что обеспечивает чистоту и надежную работу. Также эти устройства обладают возможностью удаленной диагностики [16].



Рис. 22. Нарезка мяса ломтиками с помощью робота М-710 FANUK (Япония)



Рис. 23. Робот JR-50 для отделения голов и конечностей свиней

JR 165 – новый робот, предназначенный для разделки свиных тушек (рис. 24). Кроме высокой производительности и быстрой работы, его преимущество – быстро приспосабливаться к любому типу линии разделывания. Данный манипулятор может работать автономно, а также в паре с другим роботом, а специальное программное обеспечение делает его мастером по разделке туш.



Рис. 24. Робот JR 165

Кроме высокой производительности и быстрого выполнения работы, робот для разделки свиней адаптируется к любому типу линии разделывания и может быть установлен в любом месте производственной линии, даже вблизи углов. Каркас с интегрированным стабилизатором наряду с технологиями отслеживания и автоматического определения размера позволяет паре роботов работать без участия человека [21].

Датский технологический институт (Danish meat research institute, DMRI) – лидер среди научных учреждений в разработке робототехнических решений для автоматизации ручных процессов в мясной промышленности с целью улучшения условий труда, снижения общих затрат и повышения качества продукции. Особое внимание уделяется автоматизации убоя и первичной переработке свиней. Основным вкладом института – разработка робота Backloader CO² stunner для оглушения свиней перед убоем. Другим примером является робот 3D Derinding – усовершенствованный робот, производя-

щий более однородные и точные нарезки свиной корейки, что позволяет повысить качество продукции. Среди разработок института также роботизированная система для извлечения рёбер и автоматизированное оборудование для распиловки туш свиней (рис. 25).

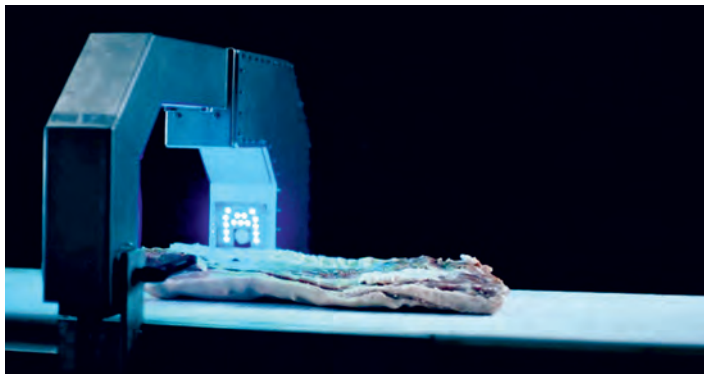


Рис. 25. Роботизированная система для извлечения рёбер из свинины

DMRI разработано также роботизированное решение на основе вакуума для перемещения свежего или упакованного мяса. Приложение состоит из высокоточной комплексной системы технического зрения, специальной гигиенической присоски и робота (рис. 26).

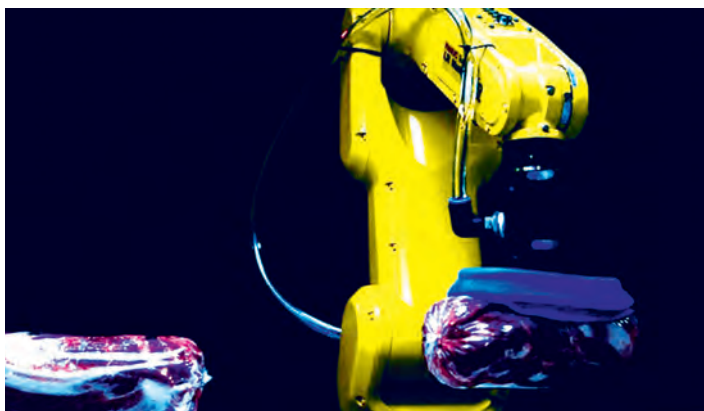


Рис. 26. Робот на основе вакуума для перемещения свежего и упакованного мяса

Оборудование было тщательно протестировано и признано подходящим для мясоперерабатывающей промышленности. Платформу можно быстро запрограммировать и использовать для выполнения множества функций благодаря удобному интерфейсу, легко перемещать между различными операциями упаковки. Основные эксплуатационные данные: радиус действия – 978 мм (может изменяться в зависимости от конкретной операции), производительность по продукции в вакуумной упаковке от конвейера до ящика – 1500 шт/ч [3, 22].

Роботы для разделки говяжьих туш

В 2019 г. на выставке IFFA компания «Frontmatics» представила первого в мире робота с циркулярной пилой для распиловки туш крупного рогатого скота. Это оборудование вызвало огромный интерес у компаний по переработке крупного рогатого скота, так как до сих пор производственный процесс на таких предприятиях является ручным и довольно трудоемким [11].

Мясная и животноводческая корпорация Австралии (MLA) совместно с мясоперерабатывающей компанией «Teys Australia» и поставщиками технологических решений осуществляет разработку автоматизированного комплекса обвалки говядины (Leap Beef). Исходной моделью для перехода к автоматизации процесса обвалки послужило инновационное решение MLA – автоматизированная линия обвалки баранины Leap, оснащенная системой объективного измерения и оценки туши на основе компьютерной томографии и рентгеновского исследования с двумя источниками излучения (СТ и DEXA). Специалисты компании считают, что аналогичная методика может быть использована и для обвалки говядины. Автоматизация процесса должна значительно снизить операционные затраты на каждую голову скота, а точность рассечения туши наряду с непрерывным поступлением сырья в цехе автоматизированной обвалки – способствовать повышению производительности мясоперерабатывающих компаний. По предварительным расчетам оптимизация обвалки обеспечит 30 долл. дополнительного дохода на каждую голову скота, приблизительно 40% этой суммы вернется производителю. Помимо роста производительности и экономической выгоды, предприятиям гарантируется повышение уровня гигиены труда и техники безопасности. Проект получил поддержку со стороны правительства Австралии [23].

Роботизированная линия по обвалке баранины

В одной из лабораторий компании «Scott Technology» (Новая Зеландия) разработана производственная линия по обвалке баранины на основе роботов, которые способны разделать 600 туш в час. Автоматизированные руки зажимают тушу, в то время как другие орудуют лезвиями ножей с высокой точностью. Для наблюдения и контроля над процессом требуется один человек.

Многие мясоперерабатывающие компании считают, что использование этого вида технологии обвалки (вместо человеческого труда) сделает обработку мяса более эффективной. Самый большой в мире производитель мяса – компания JBS (Бразилия) – уже инвестирует в данный проект. Мясоперерабатывающая корпорация приобрела контрольный пакет акций «Scott Technology» на сумму 41 млн долл. Робототехническая компания сотрудничает с JBS в направлении разработки роботов для обвалки говяжьих и свиных туш для дальнейших поставок мяса на рынок США.

Производственная линия по разделке бараньих туш состоит из нескольких роботов (рис. 27), каждый из которых выполняет конкретный элемент общего процесса.



Рис. 27. Линия по обвалке туш компании «Scott Technology»

Первый робот делает рентгеновский снимок туши и генерирует 3D-модель ее формы и размера. Следующий манипулятор, используя дисковые поворотные ножи, разрезает тушу на нужные части. Еще один робот сортирует мясо и перемещает его на конкретные конвейерные ленты, а другой упаковывает мясо. Роботы позволяют исключить фактор человеческой ошибки, так что потери мяса при разделке или ошибочной сортировке сводятся к минимуму. Точность разделки и сортировки туши – до 90% [24].

Роботизация переработки птицы

Роботизируются технологические процессы и в птицеперерабатывающей промышленности. Например, в США в настоящее время тестируется роботизированная система для разделки тушек кур (рис. 28).



Рис. 28. Робот для разделки кур

Данная система состоит из устройства для получения 3D-изображения и робота для разрезания сухожилий, суставов передних частей полутуши, а также отделения крыльев и грудок. Роботизированное оборудование обеспечит максимальное удаление костей

из продукции обвалки и оптимальный выход мяса при разделке. Система сочетает в себе передовую робототехнику, обработку изображений и статистическое моделирование, способна «думать» и быстро реагировать на внешние факторы, что делает ее уникальной по сравнению с другими стационарными системами автоматизации. При использовании оборудования на 75% его максимальной мощности пропускная способность составляет 15 кур в минуту [25].

4. РОБОТЫ ДЛЯ ФАСОВКИ И УПАКОВКИ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

Роботизация укладки является отличной альтернативой ручной фасовке. Преимущества данной технологии: сокращение времени фасовки; увеличение пропускной способности конвейера; высокое качество продукции, снижение порчи и потерь; сокращение занятости на вредных участках и в холодных цехах; соответствие требованиям к организации рабочих мест по безопасности и санитарно-гигиеническим нормам; сокращение затрат на оплату труда.

Сравнительные данные, показывающие преимущества, которые получает производитель, установивший робота на участке укладки продукции, представлены в табл. 5.

Таблица 5

Отличия ручной и роботизированной укладки продукции

Ручная укладка	Роботизированная укладка
Скорость выполнения операции невысокая	Скорость выполнения операций максимальная
Возможно повреждение продукции на стадии упаковки	Брак и повреждение продукта стремятся к нулю
Затраты не коррелируют с производительностью (не связаны прямой пропорцией)	Производительность гибкая
Сложно адаптируется под новые продукты	Упаковка новых продуктов внедряется уже на стадии проектирования самого продукта
Не дает возможности для анализа производства в целом	Предоставляет массу точных данных для анализа
Техника безопасности требует оборудования рабочих мест	Рабочее место компактно, зачастую требуется только закрытое пространство
Санитарный режим	Соответствует всем санитарным нормам
Человеческий фактор: недокомплект упаковки, воровство	Ошибки по заполнению упаковки исключаются

Автоматизация укладки с использованием роботов по сравнению с жесткими системами автоматизации обеспечивает гибкость, необходимую для серийного производства, когда надо работать с различными модификациями продукции по типоразмерам и способам укладки (возможность переналадки на новый вид упаковки или продукции); компактность размещения, что позволяет эффективно использовать производственные площади; возможность автоматизации линий по производству замороженных продуктов, хлебобулочных и кондитерских изделий, а также мороженого, мяса и рыбы, сыра и другой продукции.

Универсальные или специально разработанные захваты, система смены инструмента, гибкое и простое в управлении ПО в сочетании с техническим зрением или системой лазерного сканирования позволяют организовать полностью автономные автоматизированные безлюдные фасовочные линии [26].

На операциях по упаковке продукции работают примерно 50% всех роботов, занятых в пищевой промышленности. В зависимости от целей здесь возможно задействование манипуляторов различных конструктивных особенностей и мощностей.

Дельта-роботы широко используются в процессе фасовки и упаковки пищевой, в том числе мясной, продукции. Предназначены для оперирования легкими объектами на высокой скорости. По форме дельта-робот похож на перевернутую греческую букву «дельта». Иногда их называют роботами-пауками. По своей конструкции дельта-роботы – параллельные роботы, имеющие более одной кинематической цепи, идущей от основания к исполнительному устройству.

Типовые дельта-роботы имеют три поступательные и одну вращательную степени свободы. В основе их движения лежат параллелограммы, ограничивающие перемещение рабочего органа. Основание дельта-робота монтируется над рабочей зоной. В него встраиваются силовые приводы, к которым крепятся три рычага из композитных материалов с шарнирами посередине. В качестве приводного механизма применяются линейные или вращательные двигатели. Четвертый рычаг, обеспечивающий вращательную степень свободы, крепится к центру платформы-основания.

Основная область применения дельта-роботов – сортировка и упаковка мелкой продукции в пищевой, медицинской, фармацев-

тической и электронной промышленности. Современные дельта-роботы имеют грузоподъемность до 15 кг и в основном различаются производительностью (до 200 циклов в минуту), а также шириной и глубиной рабочей зоны.

Основные технические характеристики дельта-роботов ведущих мировых производителей представлены в табл. 6, внешний вид – на рис. 29-32 [26-30].

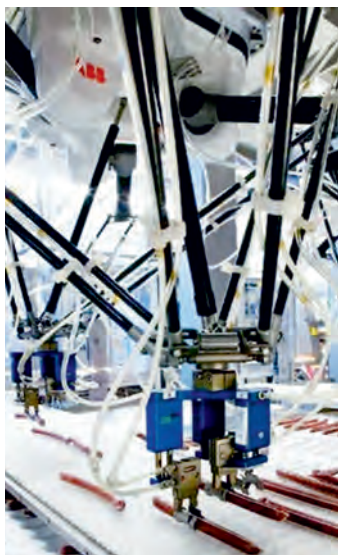


Рис. 29. Робот фирмы «ABB» (Швеция) в колбасном цехе



Рис. 30. Дельта-робот FANUC DR-3iB



Рис. 31. Дельта-робот Omron Quattro



Рис. 32. Дельта-робот KUKA KR 3 D1200HM

Таблица 6

Техническая характеристика дельта-роботов

Показатели	«Omron»			«ABB»		«KUKA»	«FANUC»
	Quattro 650	Quattro 800	Hornet 565	IRB 360 Flex Picker	IRB 390 Flex Picker	KR 3 D1200HM	DR-3iB
Рабочая зона, мм	1300×500	1600×500	1600×500	1600×800	1300	1200	1600
Производительность, цикл/мин	До 200	До 10	До 10	Н. д.	Н. д.	Н. д.	Н. д.
Грузоподъемность, кг	До 15	До 10	До 8	До 8	До 15	3-6	До 8

Скорость дельта-роботов по сравнению с другими типами роботов очень высокая, а повторяемость низкая (примерно $\pm 0,1$ мм), что обуславливает их применение на операциях фасовки и перекладки, где важна производительность, а не «микронная» точность.

Робот **Quattro** – самый быстрый в мире, способен работать с максимальными скоростью, ускорением и исключительно высокой производительностью во всем диапазоне рабочей зоны. Возможны оснащение системой технического зрения и синхронизация с несколькими конвейерами для выполнения мгновенных операций Pick&Place. Ключом к улучшенным рабочим характеристикам данного робота является уникальная, запатентованная вращающаяся платформа с четырьмя осями, имеющая значительные преимущества по сравнению с традиционными трехосными дельта-роботами. Четвертая ось позволяет роботу вытягиваться на 30% дальше по сравнению с традиционными конструкциями, что обеспечивает большую рабочую зону и взаимодействие с более широкими конвейерами. Робот Quattro имеет гигиеническое исполнение, изготовлен из материалов, безопасных для прямого контакта с пищевыми продуктами.

Отличительной особенностью роботов **Omron** является компактность: контроллер встроен в самого робота и не мешает производственным процессам. Компактная система управления и встроенные усилители дают возможность более рационально использовать площадь рабочего пространства, а также упростить процесс установки робота. Контроллер Smart Controller EX позволяет управлять группой до четырех роботов. Промышленный ПК для системы технического зрения IPC Vision System обеспечивает одновременную работу восьми камер для выполнения широкого спектра задач (определение координат изделия, автоматическая инспекция и др.) [26].

Среди разработок роботов с дельта-кинематикой – модуль **Autonox 24** фирмы «Majatronic» (земля Вюрттемберг, Германия) (рис. 33).



*Рис. 33. Робот Autonox 24
фирмы «Majatronic»*

Компания в течение нескольких десятков лет работает в сфере производства оборудования для мясо-, птице-, рыбоперерабатывающей промышленности. Такое сырье, как мясо, рыба, фрукты или овощи, не однородны по форме, контуру и массе. Кусок мяса, который по форме существенно отличается от стандартного, нельзя принудительно отбраковывать как «плохой». В этой связи в робототехнике стали востребованы высокопроизводительные устройства обработки изображений, прежде всего программные средства для обработки изображений.

Другая, актуальная для мясной промышленности задача – работа с мясной продукцией, лишенной упругости. Манипулирование подобными продуктами в автоматическом режиме работы представляет большую проблему для роботов. Для таких случаев разрабатываются специальные грейферные захваты и соответствующие рабочие органы для порционирования. Эти устройства могут быть размещены в модулях Autonox 24. Рабочие органы навешиваются на несущую плиту из лаурамида (Lauramid). Лаурамид – отлитый без давления полиамид, который, помимо стойкости к действию пищевой продукции, отличается устойчивостью к химикатам, износостойкостью и незначительной собственной массой. В модулях робота Autonox 24 из лаурамида изготавливаются верхние плечевые части рук-манипуляторов, суппорт рабочих органов, несущая часть для четвертой оси и некоторые другие компоненты. Незначительная собственная масса материала способствует повышению скорости выполнения цикла. Робот грузоподъемностью 1 кг способен обеспечивать до 100 циклов/мин [31].

Высокопроизводительные роботы SCARA – четырехосевые, предназначены для сборки, сортировки, перемещения материала, тестирования и инспекции, упаковки и выполнения других операций, требующих быстрых и точных перемещений.

По сравнению с другими типами роботов обеспечивают наибольшую точность (повторяемость $\pm 0,015$ мм). Отличаются размерами рабочей зоны, производительностью и применяются на операциях, требующих высокой повторяемости. Техническая характеристика роботов представлена в табл. 7, внешний вид – на рис. 34-36 [26, 29, 30].

Техническая характеристика SCARA-роботов

Показатели	«Omron»					«KUKA»	«FANUC»
	Cobra 450	Cobra 500	Cobra 650	eCobra 600	eCobra 800	KR SCARA	SCARASR-6iA
Рабочая зона/ось Z, мм	450/200	500/200	650/200	600/210	600/210	500/200	650
Производительность, цикл/мин	До 122	До 117	До 140	До 154	До 136	-	-
Грузоподъемность, кг	До 5	До 5	До 5	До 5,5	До 5,5	6	6
Степень защиты	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20/IP65	IP20	-



*Рис. 34. Робот SCARA
фирмы «Omron»*



*Рис. 35. Робот SCARASR-6iA
фирмы «FANUC»*



Рис. 36. Робот KR SCARA фирмы «KUKA»

Шарнирные шестиосевые роботы широко используются на упаковке пищевой продукции. Шестикоординатный робот Viper фирмы «Omron» отлично подходит для сборки, перемещения материалов, упаковки и многих операций, требующих скорости и точности. Рабочий диапазон – 650 или 850 мм. В линейке представлены две основные модели – Viper 650 и Viper 850, обладающие высокой повторяемостью ($\pm 0,02$ мм), средней скоростью и грузоподъемностью до 5 кг, максимальной степенью свободы (поворачиваются на 360° вокруг своей оси). Способны работать в трехмерном пространстве и выполнять множество операций, заменяя до 10 человек на различных участках.

Техническая характеристика этих и других современных шарнирных шестиосевых роботов представлена в табл. 8, внешний вид – на рис. 37-39 [26-30].

Таблица 8

Техническая характеристика шестиосевых роботов

Показатели	«Omron»		«KUKA»	«FANUK»	«ABB»
	Viper 650	Viper 800	KR 3 AGILUS	LR Mate 200iD	IRB 120
Рабочая зона/ось Z, мм	650	850	541	717	580
Грузоподъемность, кг	5	5	3	7	3
Степень защиты	IP54/IP40		IP40	IP67	IP30



Рис. 37. Робот Viper 650



Рис. 38. Робот LR Mate 200iD



Рис. 39. Робот KR 3 AGILUS

Таким образом, принимая решение об установке одного из вышеперечисленных типов роботов, рекомендуется учитывать три основные характеристики: скорость, точность и степень свободы (табл. 9) [26].

Таблица 9

Типы роботов и их кинематическая специфика

Тип робота	Скорость	Точность	Степень свободы
Дельта	Высокая	Низкая	Средняя (4)
SCARA	Средняя	Высокая	Средняя (4)
Шестиосевые	Низкая	Средняя	Высокая (6)

Как уже отмечалось, отличительной особенностью современного рынка робототехники становится рост продаж нового вида роботов – **коллаборативных (коботы)**. В современном быстро меняющемся мире производители должны быть достаточно гибкими, чтобы оставаться конкурентоспособными и справляться с изменениями работы оборудования и линий. Один из способов достижения этих целей – применение коботов, которые могут безопасно работать с людьми в одной среде. Кобот – роботизированное устройство, которое работает бок о бок с человеком, помогая выполнять трудные или неинтересные задачи, такие как перемещение тяжелых предметов или непрерывная монотонная работа. Результатом такой коллаборации становится повышение гибкости, качества и производительности работы. Коллаборативные роботы отличаются от классических промышленных роботов еще и своими чрезвычайно простыми удобными программными инструментами. Они просты в использовании, как мобильный телефон, внедряются в производственный процесс в среднем за 1,5 ч с момента доставки. При этом, по данным разработчиков, они значительно дешевле стандартных и достаточно быстро окупаются.

Основной производитель коботов – компания «Universal Robots» (Дания). Также новые коллаборативные модели разработаны компаниями «FANUC», «KUKA», «Omron» [6].

Основные технические характеристики некоторых моделей коботов представлены в табл. 10, внешний вид – на рис. 40, 41 [26, 32].

Техническая характеристика коллаборативных роботов

Показатели	«Omron»				«Universal Robots»			
	TMS-700	TMS-900	TM12	TM14	UR3	UR5	UR10	UR16
Рабочая зона, мм	700	900	1300	1100	500	850	1300	900
Грузоподъемность, кг	6	4	12	14	3	5	10	16
Максимальная скорость, м/с	1,1	1,4	1,3	1,1	Н. д.	Н. д.	Н. д.	Н. д.



Рис. 40. Кобот OMRON



Рис. 41. Коботы компании «Universal Robots»

Коллаборативные роботы могут применяться для выполнения широкого спектра задач (комплектация и складирование готовой продукции, тестирование, контроль качества, упаковка и паллетайзинг), поддержания персонала в процессах сборки, которые зависят от точности и повторяемости.

Кобот оснащен системой технического зрения. Встроенная камера определяет объекты в широком поле обзора и практически в любых условиях. Система технического зрения включает в себя такие функции, как сравнение с образцом, считывание штрих-кодов и классификация цветов, что гарантирует выполнение проверок, измерений и сортировки без дополнительных усилий и затрат. Кобот может распознавать контрольные точки, перемещаться и выполнять задачи без дополнительной настройки. Гармония между людьми и машинами достигается благода-

ря соответствии робототехники высоким стандартам безопасности [19].

Роботы-паллетайзеры – самые популярные представители промышленных роботов на пищевых предприятиях, решающие задачи различной сложности по паллетированию и депаллетированию (разгрузке) пищевой продукции и сырья.

Встречаются на самом первом этапе производства – депаллетировании и сортировке сырья и материалов, поступающих на фабрику. Они же и провозжат готовую продукцию на прилавки магазинов, аккуратно складывая упаковки с ней на паллеты и готовя к отправке (рис. 42).

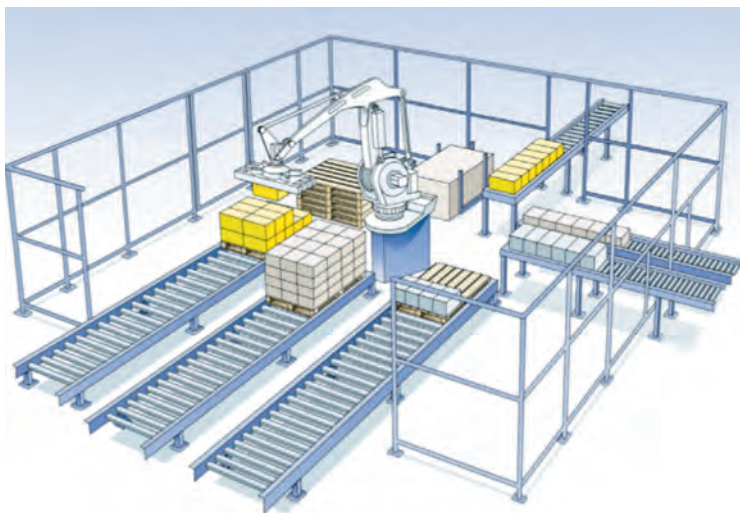


Рис. 42. Робот-паллетайзер

Рекомендуемый специалистами выбор для решения подобной технологической задачи – робот с четырьмя степенями свободы и плоскопараллельной кинематикой. Отличия таких роботов от шестиосевых – большая грузоподъемность и достижимость. Рабочая зона стандартного шестиосевого манипулятора представляет собой сферу, четырехосевого – имеет форму тора.

Сочетание достаточного радиуса действия и высокой грузоподъемности делает данных роботов идеальными для паллетирования

тяжелых коробок, бутылок, мешков и др. Могут работать со сложными логистическими системами, например четырьмя подающими конвейерами, двумя паллетными штабелями, одним бумажным штабелем, четырьмя выходными паллетными линиями. Таким образом, решаются практически все задачи паллетирования и штабелирования, которые могут возникнуть на пищевом предприятии.

Добавление систем технического зрения и распознавания объектов, как и в любой робототехнической системе, расширяет рабочие возможности и переводит их на новый уровень автоматизации и универсализации процессов, повышая производительность и точность. Так, среднее время реакции человека на принятие решения составляет 1,5-2 с, роботу может потребоваться на это не более 0,5 с, так как он не концентрируется на конкретном объекте, а анализирует ситуацию в целом, принимая решения заранее.

Таким образом, преимущества роботизации процесса паллетирования на любом предприятии очевидны: робот не требует частого и сложного технического обслуживания, может работать в сложных условиях производства (температурный режим ниже нуля и др., работа с самыми тяжелыми грузами), освобождая персонал от тяжелого труда. Сроки окупаемости роботов-паллетайзеров зависят от задач производства и его объемов, но в среднем составляют до трех лет [33].

Одним из лидеров рынка упаковочного оборудования является компания «**Ulma Packaging**», входящая в испанскую группу компаний «**ULMA GROUP**». Она специализируется на разработке, проектировании и производстве упаковочных решений и оборудования. Предлагает различные линии упаковочного оборудования, предоставляя клиентам возможность использовать оптимальную технологию упаковки, которая наилучшим образом соответствует их потребностям и задачам. Шесть производственных направлений упаковочного оборудования и подразделение автоматизации предлагают разнообразные, в том числе роботизированные, решения для предприятий пищевой промышленности:

- горизонтальные упаковочные машины (флоу-пак) – автоматические упаковочные машины высокой производительности с возможностью включения опции МГС (модифицированная газовая среда);

- машины для упаковки в барьерную термоусадочную пленку – автоматическая упаковка продукта в открытый пакет, сформированный из рулона пленки. Решение применимо для упаковки отрубов и кусков свежего мяса для ритейла и готовой продукции в вакуум с последующей термоусадкой, а также для упаковки сыров. Система «вакуум + термоусадка» позволяет добиться максимальных сроков годности продукции;

- запайщики готовых лотков (трейсилеры) – машины для запайки готовых лотков с возможностью включения опции модифицированной газовой среды (МГС), которая позволяет максимально увеличивать срок хранения пищевого продукта;

- термоформеры – автоматические упаковочные машины, формирующие упаковку из двух рулонов пленки. В процессе упаковки лоток формируется из нижнего рулона пленки путем термоформования и запаивается пленкой из верхнего рулона. Основные технологии, которые можно выполнять на базе данных машин, включают в себя: упаковку в вакуум с использованием гибких барьерных пленок и пленок, пригодных для запекания продукции в духовке, без снятия упаковки; упаковку в МГС, в мягкие и жесткие пленки; технологии скин-упаковки и «form shrink» (упаковка в вакуум с последующей термоусадкой);

- оборудование для упаковки в стрейч-пленку – машины для упаковки свежих продуктов (курица, мясо, овощи, фрукты) в лотках в стрейч-пленку;

- вертикальные упаковочные машины – автоматические вертикальные упаковочные машины для сыпучих или штучных продуктов. Широко применяются для упаковки таких продуктов, как хлебобулочные и кондитерские изделия, а также пельмени, снеки и др.

Одно из основных направлений деятельности компании «Ulma Packaging» – автоматизация упаковочных линий – от процессов сортировки и укладки продукта до вторичной упаковки в короба и паллетирования.

Комплексное автоматизированное упаковочное решение чаще состоит из следующих этапов:

- загрузка продукта посредством робота или smart-конвейерами (рис. 43);

- упаковка продукта с помощью оборудования Ulma;

- системы распределения/выгрузки продукта после упаковки конвейерами или роботом;
- упаковка в картон, вторичную упаковку с предварительной группировкой продукта;
- упаковка в транспортную тару (короба американского типа, открытые коробки, система «wrap around»);
- автоматическое паллетирование [34].



*Рис. 43. Автоматическая загрузка колбасок в термоформер
(производительность 320 колбасок/мин)*

На выставке IFFA-2019 компания «Ulma Packaging» представила свою новую разработку – коллаборативных роботов. На стенде демонстрировалась работа коботов, осуществляющих укладку упаковок, поступающих с трейсилера, в короба и паллетизацию [19].

5. МОБИЛЬНЫЕ РОБОТЫ

Мобильные роботы – полностью автономные интеллектуальные машины, которые повышают производительность, сокращают время простоя оборудования, устраняют ошибки, улучшают отслеживание материалов. В отличие от традиционных роботизированных тележек, используют для навигации естественные элементы производственной площадки и не требуют ее дорогостоящей модификации.

В линейке мобильных роботов компании «Omron» представлены четыре основные модели: LD60, LD90, LD-105CT, LD-130CT. Основные технические характеристики данного модельного ряда представлены в табл. 11.

Таблица 11

Техническая характеристика мобильных роботов Omron

Показатели	LD60	LD90	LD-105CT	LD-130CT
Максимальная нагрузка, кг	60	90	105	130
Максимальная скорость, м/с	1,8	1,35	1,35	0,9

Мобильные роботы Omron сканируют окружающее пространство с помощью встроенного лазера и создают карту, которая используется для навигации. При значительном изменении рабочей среды (на складах и работающих на полную мощность заводах, где часто меняется местоположение объектов, например поддонов и тележек)



Рис. 44. Мобильный робот Omron

встроенный лазер использует дополнительный метод «определения местоположения» с помощью датчиков. Он идентифицирует лампы верхнего освещения и накладывает «карту освещения» на «карту пола». Это также позволяет мобильным роботам легко перемещаться по большим площадям складов.

Мобильные роботы серии LD имеют сертификаты безопасности, с помощью встроенных лазеров и других датчиков обнаруживают препятствия на пути движения и в зависимости от скорости активируют аварийную остановку, чтобы предотвратить столкновение с объектом.

Транспортеры тележек **LD-105CT**, **LD-130CT** стыкуются с перемещаемыми тележками и транспортируют их из пункта погрузки в пункт выгрузки, выполняют такие задачи, как пополнение запасов деталей для производственных линий, перемещение полочных стеллажей, транспортировка незавершенной продукции между производственными этапами и перемещение готовой продукции на склад. Навигация по естественным элементам позволяет самостоятельно находить путь через производственный объект, исключая потребность в его модификации. Устройство может безопасно использоваться в существующих дверных проемах и проходах, поскольку способно обнаруживать и обходить людей, вилочные погрузчики и другие объекты на своем пути.

Концепция интеллектуальных мобильных роботов OMRON серии LD подразумевает совместную работу групп роботов (так называемых флотилий) общей численностью до 100 шт. на одной производственной площадке. Бесконфликтное и эффективное взаимодействие роботов в рамках флотилии координируется программным модулем Fleet Management. Это серверное приложение запускается на аппаратной платформе Enterprise Manager, представляющей собой сетевое устройство высотой 1U для стандартной 19-дюймовой стойки. Система Fleet Management распределяет задания между несколькими мобильными роботами, выбирая для каждого задания наиболее подходящее устройство, управляет транспортным потоком, оптимизируя перемещение роботов, а также является узлом интеграции флотилии с информационными системами предприятия, такими как системы класса MES, WMS и ERP.

Благодаря перечисленным свойствам интеллектуальные мобильные роботы способствуют значительному увеличению эффективности каждодневной внутрицеховой, междоцеховой и внутрискладской логистики, повышению безопасности персонала, а также гибкости производства [26, 27].

6. ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РОБОТОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МЯСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Анализ показал, что многие известные мясоперерабатывающие предприятия Европейского союза давно пришли к пониманию необходимости автоматизации производства. В Европе около 10% предприятий, занимающихся первичной переработкой свиней, имеют высокий уровень автоматизации с применением робототехнических систем. Согласно прогнозу компании «Mc Kinsey&Co», доля таких предприятий к 2023 г. составит порядка 25%, а доля высокоавтоматизированных предприятий по переработке говядины приблизится к 5%, что существенно с учетом их полного отсутствия в настоящее время.

В отличие от американцев европейцы обладают давними традициями разработки и внедрения автоматизированных систем на предприятиях по первичной переработке красного мяса (не говоря об отработанных технологиях переработки мяса птицы). За прошедшее десятилетие завершился процесс консолидации европейских интеллектуальных и технических активов под управлением компаний «Marel» и «Frontmatec», которые за последние годы успели создать множество новых высокоэффективных автоматизированных производственных систем и линий для мясной отрасли. Свой вклад в автоматизацию операций на линиях убоя и разделки мяса вносят и отдельные независимые инжиниринговые фирмы (например, «AiRA», 40% акций которой уже принадлежат компании «Frontmatec») и научно-исследовательские организации, в числе которых Датский исследовательский институт мяса.

Руководство компании «**Danish Crown**» (Дания) еще 20 лет назад пришло к пониманию, что с учетом дефицита трудовых ресурсов и удорожания рабочей силы нужно срочно развиваться в направлении автоматизации и роботизации. Сейчас на 18 предприятиях группы большинство операций первичной переработки выполняются автоматическими системами и роботами. Например, на заводе в г. Хорсенс рабочий день начинается в 5 ч утра, когда на разгрузку

начинают поступать скотовозы со свиньями. Через 2 ч первые партии животных из зоны предубойного содержания направляются на линию убоя. Там они небольшими группами поступают в гондолы автоматизированной системы газового оглушения. По завершении цикла оглушения партии свиней последовательно выгружаются на выводной пластинчатый транспортер, где сначала один рабочий выполняет механизированную навеску животных на подвесной конвейер, а второй вводит полый нож в яремную вену для автоматизированного забора перерабатываемой крови. После фазы обескровливания туши проходят через последовательность из шести роботов. Время переработки составляет не более 10 мин. Таким образом, к полуночи завод успевает обработать порядка 18 тыс. свиней.

Люди на таких предприятиях осуществляют контрольные функции и вспомогательные операции, которые пока не под силу роботам (ветеринарная и качественная инспекция сырья, закалывание, навешивание на конвейер, установка разног). На других производствах группы «Danish Crown» множество автоматизированных систем позволяют практически без участия людей осуществлять распиловку полутуш на первичные отруба, выделять ценные куски в соответствии с заданной схемой разделки и даже извлекать ребра [35].

Американские мясоперерабатывающие компании активно инвестируют средства в разработки автоматизированных технологий. Например, за минувшие три года компания «**Tyson Foods**» потратила порядка 500 млн долл. на автоматизацию. Из них 215 млн были выделены на создание собственного центра производственной автоматизации площадью более 2500 м². В рабочую группу центра были приглашены сотрудники отдела робототехнических систем автомобилестроительной корпорации «General Motors» с целью адаптации роботизированных технологий автомобильной промышленности для нужд переработки мяса птицы. В настоящее время разрабатывается роботизированный комплекс с использованием системы технического зрения для резки потрошенных куриных тушек, разложенных «бабочкой», посредством водяной струи высокого давления. По заявлениям компании, новые роботизированные комплексы смогут превзойти человека в части обеспечения высокого выхода мяса. Параллельно разрабатываются коботы для внутри-цеховых и складских операций с тарой.

Американская компания, входящая в состав бразильской корпорации «JBS», также успела инвестировать 41 млн долл. в автоматизированные технологии, приобретя осенью 2015 г. контрольный пакет известной новозеландской компании «Scott Automation+Robotics», специализирующейся на разработке и производстве автоматизированных и роботизированных решений для мясной отрасли. А в 2019 г. компания «Pilgrim's Pride» (поглощена JBS в 2009 г.) инвестировала 30 млн долл. в автоматизированные технологии для переработки мяса птицы.

На мясоперерабатывающих предприятиях США можно увидеть немало автоматизированных решений компаний «Stäubli», «Marel», «Frontmates» и др. Наиболее ярким примером внедрения самых передовых автоматизированных технологий является новое производство компании **«Clemens Food Group»** в г. Колдуотере, на котором в смену перерабатывается 10300 свиней (2,6 млн – в год). Для обеспечения высокой производительности, пищевой безопасности, стандартов охраны труда на предприятии была внедрена автоматизированная линия европейского производства для уоя и разделки свиней с использованием технологии оглушения в атмосфере углекислого газа, работает автоматизированный комплекс оборудования для переработки биоотходов также европейского производства. Внедрена мощная информационная система управления SAP, включающая в себя все аспекты управления производством, начиная от закупки сырья и заканчивая управлением дистрибуцией. Опыт инновационного производства в Колдуотере непосредственно повлиял на решение минсельхоза США пересмотреть нормы производительности для переработчиков свинины при условии обеспечения ими высочайшего уровня охраны труда и пищевой безопасности [35].

Можно привести несколько примеров роботизированных производств и в мясной промышленности России. Например, **ЗАО «Свинокомплекс «Короча» АПХ «Мираторг»** (Белгородская область), имеющий уникальный для России уровень роботизации и глубины переработки, который позволяет практически полностью перерабатывать свиную тушу и производить широчайший ассортимент продукции при минимальном участии человека. На технологических участках уоя и разделки используется самое современное автоматизированное европейское оборудование. Сначала проводятся автоматическая при-

емка и сортировка сырья по категориям. Далее методом сканирования робот определяет категорию сырья по толщине шпика и доле постного мяса, что полностью исключает влияние человеческого фактора и сокращает технологическое время на приемку свиней. Поверхность туши сканируется, затем с помощью компьютерного расчета точно определяется место разреза, и полученные данные передаются на устройство управления роботами. Роботы двигаются синхронно с конвейером, производя разделку туши. После каждой операции осуществляются мойка и дезинфекция режущих частей установок.

Линии упаковки готовой продукции также роботизированы, что позволяет исключить работу персонала при низких температурах. Автоматизация производства обеспечивает постоянный контроль качества выпускаемой продукции и строгое соблюдение санитарных норм.

После разделки кости, внутренние органы, кровь направляются в цеха для дальнейшей переработки. В результате получают субпродукты, жир-сырец, кишечное сырье, из которого вырабатывается натуральная колбасная оболочка, из крови выделяется плазма. Отходы служат сырьем для производства технических полуфабрикатов и мясокостной муки.

Ассортимент производимой продукции насчитывает более 170 наименований; благодаря применяемой технологии свиные туши перерабатываются практически полностью [16].

В настоящее время мясоперерабатывающий комплекс агропромышленного холдинга «Мираторг» в Октябрьском районе Курской области планируется сделать крупнейшим в России. Комплекс имеет высокий уровень автоматизации, на сложных технологических операциях применяется только робототехника. Он станет базой для инновационных производств, одно из которых – производство желатина [36].

На **мясоперерабатывающем заводе «Агро-Белогорье»** (Белгородская область) также осуществляется весь комплекс технологических операций по убою, первичной и глубокой переработке мяса свиней с использованием робототехники. Глубина переработки позволяет практически полностью использовать свиную тушу. Производственные мощности завода – 170 тыс. т готовой продукции в год. Ассортимент насчитывает более 200 видов потребительской продукции [37].

По итогам 2019 г. завод принял на убой 1648 тыс. голов свиней, увеличив ключевой показатель на 7%, за 12 месяцев минувшего года – 185 065 тыс. т свиней в живой массе (+5 тыс. т). Выход мяса на кости превысил 130 тыс. т (+2,7%). Более 110 тыс. т в полутушах МПЗ отправил на обвалку, увеличив данный показатель почти на 10 тыс. т, или 9,6% [38]. Робототехника на заводе применяется в основном на линиях обвалки и упаковки.

Роботизированный завод по производству сырокопченых колбас группы «Черкизово» в г. Кашире был запущен в промышленную эксплуатацию в середине мая 2018 г. Принявший участие в церемонии запуска вице-премьер Алексей Гордеев назвал завод «первой ласточкой цифровой экономики России». Присутствие людей на этом производстве минимизировано. Обычно на подобных заводах работают порядка 700 человек, в то время как на новом предприятии – около 200. Инвестиции в производство составили около 7 млрд руб. Мощность предприятия – 80 т готовой продукции в сутки, или до 30 тыс. т в год. Согласно данным специалистов, завод является уникальным не только в России, но и Европе. Весь технологический процесс выполняют роботы (рис. 45).



Рис. 45. Роботы на заводе «Черкизово» в г. Кашире

Для каждого процесса существуют свои программа и робот, есть также единый робот – искусственный интеллект, который координирует отдельные процессы, выстраивает оптимальные технологи-

ческие режимы, подбирает качество и себестоимость. В ходе производства работники не соприкасаются с продуктом, что позволяет увеличить сроки хранения, а также снизить риски ухудшения качества колбасной продукции.

Основное оборудование для завода поставлялось из Италии, Испании, Швейцарии, Германии, Австрии. На предприятии работают 30 камер ферментации и 60 – сушки. Ежедневно завод способен перерабатывать продукцию из шести камер ферментации. Минимальный объем производства для одной камеры – 11-16 т, что составляет примерно 5% ежедневного российского спроса на колбасу. Следовательно, шесть камер за день обеспечивают 30% общего ежедневного потребления сырокопченой колбасы в стране (80 т колбасы в день, или 30 тыс. т готовой продукции в год).

Заказ на готовую продукцию также выполняется в автоматизированном режиме. Анализ складских остатков полностью исключает риск невыполнения поставок или перепроизводства [39, 40].

Управление заводом выстроено на программной платформе SAP* S4/HANA (рис. 46).

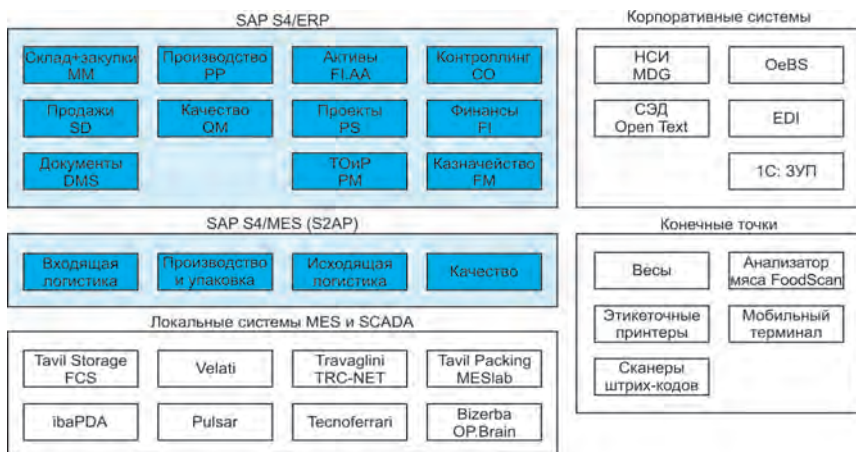


Рис. 46. IT-архитектура завода «Черкизово»

* SAP (System Analysis and Program Development, системный анализ и разработка программ) – автоматизированная система, предлагающая комплекс решений для выстраивания общего информационного пространства на базе предприятия и эффективного планирования ресурсов и рабочих процессов.

Платформа представлена несколькими уровнями:

- первый уровень – MES-система, которая взаимодействует с тремя SCADA*-системами, раздает задания для оборудования и собирает данные. На этом уровне используется партнерское решение компании «Sabris»;

- второй – логистика и производственный контур, представленный стандартными модулями программной платформы SAP производственного планирования, управления материальными потоками, сбытом, также взаимодействующими с MES-уровнем через коннекторы. Контур интегрирован с модулем SAP Quality Management для контроля качества, которым сопровождаются все движения материалов. Производственный уровень очень тесно сопряжен с MES-системой. Все переделы и движения отражаются и в MES, и в производственной системе;

- третий уровень платформы SAP – финансы.

В планах завода – запустить модуль SAP для управления ремонтом и обслуживанием и мобильные решения для инженеров. Следующим этапом должна стать предиктивная аналитика состояния оборудования.

Особенностью завода является реализация в нем подхода «Индустрия 4.0». Он позволил избавиться от людей на производстве за счет интеграции роботов с управляющими системами завода. На таком заводе люди поддерживают производственную цепочку как таковую, но никто не касается продукции. Производственная цепочка – от первой до последней фуры – интегрирует оборудование разных производителей. В оснащении предприятия использованы технологии и оборудование из Италии, Германии, Испании, Дании, Австрии, Чехии, Великобритании, Швейцарии.

* SCADA (англ. Supervisory control and data acquisition, диспетчерское управление и сбор данных) – программный пакет, предназначенный для разработки или обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления.

Каждый этап управляется своей системой: ERP*, MES**, WMS*** и др. При этом ERP и MES работают на разных серверах с отдельными базами данных и разными требованиями по доступности и надежности, к MES эти требования выше. Уровень MES взаимодействует в режиме онлайн со SCADA и всеми системами, которые непосредственно собирают информацию с элементов производственной цепочки (рис. 47).

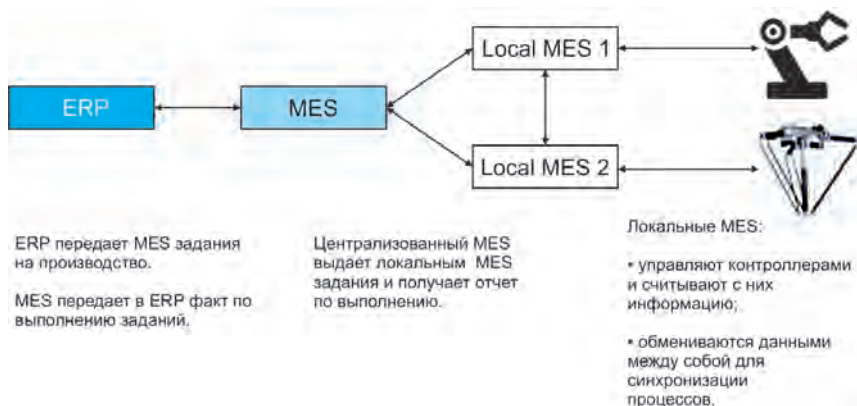


Рис. 47. Четыре уровня интеграции систем и оборудования на заводе «Черкизово»

Выстроить интеграцию всех систем и производственного оборудования на всех стадиях производства было сложной задачей. Полная автоматизация исключила человеческий фактор, что избавило от ошибок, которые ранее возникали постоянно. Кроме того, была обеспечена биобезопасность: чем меньше людей контактируют

* ERP (англ. Enterprise resource planning, планирование ресурсов предприятия) – программное обеспечение для управления бизнес-процессами, которое объединяет финансы, цепочки поставок, операции, отчетность, производство, кадры и позволяет управлять ими.

** MES (англ. Manufacturing execution system, система управления производством) – специализированная система, предназначенная для решения задач синхронизации, координации, анализа и оптимизации выпуска продукции.

*** WMS (англ. Warehouse management system, система управления складом) – информационная система, обеспечивающая автоматизацию управления бизнес-процессами складской работы предприятия.

с сырьем, полуфабрикатами, тем качественнее и сохраннее продукция.

Общая интегрированная цепочка процессов позволила оперативно получать объективную информацию обо всех этапах производства. Компания в реальном времени всегда может видеть, что происходит на заводе – от работы станков до макро-уровня.

Роботизированный завод по производству сырокопченых колбас – это первый этап создания комплекса предприятий мясоперерабатывающей промышленности в г. Кашире. Следующим станет запуск в 2021 г. завода по производству готовых к употреблению мясных полуфабрикатов, а в 2022 г. – распределительного центра с охлаждаемыми складами и автоматизированной линией по нарезке и упаковке колбас [41].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что роботы являются ключевым элементом четвертой промышленной революции и центральным элементом цифровизации. Мировой рынок робототехники до 2019 г. имел стабильно высокие темпы роста – около 20% в год. Глобальный экономический кризис, связанный с пандемией COVID-19, отрицательно повлиял на продажи промышленных роботов, однако в среднесрочной перспективе он должен стать стимулом цифровизации, который создаст возможности для роста индустрии робототехники во всем мире.

К основным отраслям, в которых используются промышленные роботы, относятся автомобилестроение, производство электроники, металлургия, машиностроение, химическая и пищевая промышленность. Внедрение роботов на предприятиях по производству пищевой, в том числе мясной, продукции имеет ряд преимуществ, среди них высокая производительность; контроль брака и качества продукции, отгруженной покупателю; обеспечение должного уровня гигиены производства; сокращение затрат на единицу продукции; прослеживаемость производства; высокая гибкость и быстрая перенастройка линии под новые продукты; работа в экстремальных условиях производства (подъем тяжестей, пониженная температура и др.).

По данным IFR, больше всего роботов используется в пищевой промышленности Европы. Остальные страны (США, Италия, Германия, Япония и Китай) также переходят к роботизации в этой отрасли.

Анализ показывает, что мировая индустрия переработки мяса в последние годы стала концентратором самых передовых автоматизированных решений в пищевой промышленности. Наиболее автоматизированы европейские предприятия по первичной переработке свиней. Роботы работают на линиях убоя скота, распиливают и разрезают туши, сканируют и определяют категорию входного сырья, фасуют и упаковывают готовую продукцию. Таким обра-

зом, практически полностью исключается участие человека в морально и физически тяжелых процессах, улучшается санитарно-гигиеническое качество готовой мясной продукции.

Доказано, что большую роль в продвижении робототехники в мясной промышленности сыграло развитие современных систем технического зрения. Для распознавания объектов в них наиболее перспективно использование рентгеновского излучения и технологии объемного сканирования. Такие методы обладают достаточной полнотой получаемого изображения, которое можно легко обработать, а затем на основе полученных данных задать роботу точную траекторию движения.

Среди разработчиков новых высокоэффективных автоматизированных производственных систем и линий для нужд мясной отрасли за последнее десятилетие можно выделить европейские компании «Marel» и «Frontmatec». Среди научно-исследовательских организаций лидером в данной области является Датский исследовательский институт мяса (DMRI).

Одна из последних разработок компании «Marel» в данной области – роботизированные системы M-Line для переработки свиных туш на линиях убоя, которые осуществляют разделение тазовой кости, вскрытие брюшной полости и распиливание грудной кости, гигиеничное удаление заднего проходника, подрезание шейных позвонков, распиловку на полутуши, удаление внутреннего жира. Роботы M-Line воплотили новейшую концепцию двойного инструментального узла, когда один инструмент работает, другой подвергается стерилизации в резервной позиции. Высокая точность выполнения операций достигается благодаря использованию продвинутой технологии трехмерного сканирования и обработке данных специально разработанным программным комплексом Coliphia.

Компания «Frontmatec» предлагает инновационный комплекс BCC-3 (Beef Classification Center), предназначенный для категоризации говяжьего сырья на основании данных поточного сканирования; уникальный двойной роботизированный комплекс для распиловки свиных полутуш на половины; роботизированный модуль для отделения позвоночника от среднего первичного свиного отруба с автоматическим отводом отделенных хребтов; работа для отделения ребер от грудинки. Среди разработок DMRI – робот

Backloader CO² stunner для оглушения свиней перед убоем; робот 3D Derinding, производящий более однородные и точные нарезки свиной корейки; роботизированная система для извлечения рёбер из свинины; робот со специальной гигиенической вакуумной присоской для перемещения свежего или упакованного мяса.

Примерно 50% роботов в пищевой промышленности применяется для выполнения операций по упаковке и паллетизации продукции. В робототехнических решениях для пищевой промышленности наиболее часто используются роботы компаний ABB, «FANUC», «KUKA», «Omron» и др.

Установлено, что роботизированное оборудование широко внедряется на крупных предприятиях по переработке мяса в Дании и Германии. В Европе около 10% мясоперерабатывающих предприятий имеют высокий уровень автоматизации с применением роботизированных систем. По прогнозам специалистов, к 2023 г. их доля составит порядка 25%.

Уровень роботизации отечественной промышленности пока крайне низок. Ежегодно во все отрасли российской промышленности поставляется около 500-600 роботов, а плотность роботизации составляет 5 роботов на 10 тыс. работников. Причем в основном они используются в автомобилестроении.

Зарубежные робототехнические решения используются на единичных российских мясоперерабатывающих предприятиях: ЗАО «Свинокомплекс «Короча» АПХ «Мираторг», мясоперерабатывающий завод «Агро-Белогорье», роботизированный завод по производству сырокопченых колбас группы «Черкизово».

По мнению специалистов, слабое развитие отечественного рынка роботизации обусловлено целым рядом проблем в различных сферах, среди них: низкий экспертный уровень и фактическое отсутствие специалистов узкой квалификации, недостаток собственных технологий и разработок (приходится импортировать готовые решения); недостаточность финансирования исследований; слабая заинтересованность предприятий в роботах. Таким образом, в рамках ведомственного проекта «Цифровое сельское хозяйство» необходимо оказать поддержку разработке и внедрению отечественных робототехнических решений в области переработки сельскохозяйственного сырья.

Помимо экономических преимуществ роботизации пищевых производств, необходимо учитывать и существующие реалии. По мнению Сюзанны Биллар, генерального секретаря International Federation of Robotics: «Пандемия COVID-19 не привела к появлению совершенно новых тенденций в отрасли, но она ускорила использование робототехники» [42]. Очевидно, что с учетом высокой концентрации персонала на предприятиях работникам невозможно обеспечить безопасные условия труда с точки зрения предотвращения распространения коронавируса. Из-за пандемии автоматизация и роботизация производства стали актуальны как никогда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации. Утв. Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642.
2. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство»: офиц. изд. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 48 с.
3. **Кузнецова О.А., Никитина М.А., Захаров А.Н.** Фабрика будущего: роботы в мясной промышленности // Все о мясе. – 2020. – № 2. – С. 16-20.
4. **Файвишевский М.Л.** О роботизации в мясной промышленности // Мясная индустрия. – 2009. – № 5. – С. 32-34.
5. Мясная промышленность и роботы [Электронный ресурс]. URL: <http://robotrends.ru/robopeedia/myasnaya-promyshlennost-i-roboty> (дата обращения: 12.04.2021).
6. **Коноваленко Л.Ю., Мишуров Н.П., Голубев И.Г., Никитина М.А., Бредихин С.А.** Цифровая трансформация пищевой и перерабатывающей промышленности: аналит. обзор – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 80 с.
7. Новости НАУРР. Новые данные о мировом рынке робототехники [Электронный ресурс]. URL: <https://www.robotunion.ru/tpost/7a6fj1s3vv-povie-dannie-o-mirovom-rinke-robototehni> (дата обращения: 12.04.2021).
8. **Варшавский А.Е., Дубинина В.В.** Мировые тенденции и направления развития промышленных роботов // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). Т. 11. – 2020. – № 3. – С. 295-319.
9. **Костылев Д.А., Федотов О.В.** Машинное зрение в робототехнических системах // Наука, техника и образование. – 2016. – № 7 (25). – С. 55-58.
10. **Максимов Д.А., Кожевникова О.Е., Тамбовцев И.М.** Системы технического зрения роботов в мясной промышленности. – Мясная индустрия. – 2013. – № 7. – С. 14-18.
11. Автоматизация и интеграция: Frontmатec в фокусе экспозиции IFFA [Электронный ресурс]. URL: <https://prodindustry.ru/archive/2019/april/0001.php> (дата обращения: 15.04.2021).
12. Рентгеновская технология HEUFT [Электронный ресурс]. URL: <https://heuft.com/ru/actual-news/news/approval-free-X-ray-unbureaucratic-implementation-eaxminer-technology-part-8> (дата обращения: 07.05.2021).

13. **Новинкин А.** Искусственный интеллект для свиного комплекса: союз науки и бизнеса // Сфера. Мясная пром-сть. – 2021. – № 1. – С. 32-34.
14. «Агро-Белогорье» запускает проект по разработке системы машинного зрения для свиного комплекса // Мясные технологии. – 2020. – № 12. – С. 4.
15. **Ивашов В.И.** Роботизация – современная тенденция мясопереработки // Мясные технологии. – 2009. – № 2. – С. 38-41.
16. **Коноваленко Л.Ю.** Опыт использования роботов при переработке сельскохозяйственного сырья. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 76 с.
17. **Никитин А.** Разделка «под орех» // Агротехника и технологии. – 2009. – № 5. – С. 52-55.
18. **Сусь И.В., Василевский М.О.** Роботизация как современное средство автоматизации первичной переработки скота // Мясная индустрия. – 2009. – № 4. – С. 52-55.
19. **Дряхлов Е.** IFFA-2019: знакомься с лучшим [Электронный ресурс]. URL: <https://www.prodindustry.ru/archive/2019/august/0001.php> (дата обращения: 15.04.2021).
20. Нарезка мяса ломтиками с помощью робота М-710 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fanuc.eu/ru> (дата обращения: 15.04.2021).
21. Создан очередной робот для разделки свиных туш [Электронный ресурс]. URL: <http://robotforum.ru/novosti-texnologij/sozdan-ocherednoj-robot-dlya-razdelki-svinyix-tush.html> (дата обращения: 15.04.2021).
22. Информация с официального сайта Датского технологического института (Danish meat research institute, DMRI) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.dti.dk/specialists/automation-dmri/36912> (дата обращения: 15.04.2021).
23. Австралийцы разрабатывают автоматизированный комплекс обвалки говядины // Мясные технологии. – 2019. – № 9. – С. 4.
24. Новозеландские роботы очень точно разделяют бараньи туши [Электронный ресурс]. URL: <http://www.agritimes.ru/news/17828/novozelandskie-roboty-ochen-tochno-razdelyvayut-barani-tushi/> (дата обращения: 18.04.2021).
25. В США тестируют робота для разделки кур // Мясные технологии. – 2020. – № 11. – С. 5.
26. **Фролов О.** Уникальные технологии для максимальной производительности // Мясные технологии. – 2019. – № 8. – С. 14-18.
27. Информация с сайта компании Omron [Электронный ресурс]. URL: <https://omron.ru/ru/home> (дата обращения: 20.04.2021).
28. Информация с сайта компании компании ABB <https://new.abb.com/ru>

29. Информация с сайта компании KUKA [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kuka.com/> (дата обращения: 20.04.2021).

30. Информация с сайта компании FANUC [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fanuc.eu/ru> (дата обращения: 20.04.2021).

31. Робот с чувством на кончиках пальцев = Roboter mit Fingerspitzengefühl // Lebensmitteltechnik. 2012. – № 4. – С. 14-15.

32. Информация с сайта компании Universal Robots [Электронный ресурс]. URL: <https://www.universal-robots.com/ru/> (дата обращения: 20.04.2021).

33. **Корнилов И.** Робот на пищевом производстве: возможности и перспективы // Controlengineering Россия. – 2020. – № 4 (88). – С. 22-25.

34. Информация с сайта компании Ulma Packaging [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ulmapackaging.ru/ru> (дата обращения: 20.04.2021).

35. Ответы на вызовы новой реальности [Электронный ресурс]. URL: <https://www.proindustry.ru/archive/2020/october/0001.php> (дата обращения: 20.04.2021).

36. Роботы «Мираторга» будут делать желатин [Электронный ресурс]. URL: <https://crispy.news/2021/02/26/business/roboty-miratorga-budut-delat-zhelatin/> (дата обращения: 20.04.2021).

37. Информация с сайта ГК «Агро-Белогорье» [Электронный ресурс]. URL: <https://agrobela.ru/about/structure/> (дата обращения: 20.04.2021).

38. МПЗ «Агро-Белогорье» в 2019 году принял на убой 1 млн 648 тыс. голов свиней [Электронный ресурс]. URL: <https://agrovesti.net/news/corp/mpz-agro-belogore-v-2019-godu-prinyal-na-uboj-1-mln-648-tys-golov-svinej.html> (дата обращения: 20.04.2021).

39. «Черкизово» открыло роботизированный завод в Кашире [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agroinvestor.ru/companies/news/30127/> (дата обращения: 20.04.2021).

40. Как построить завод-робот, где вместо 700 человек работают 200 // Мясные технологии. – 2019. – № 10. – С. 32-33.

41. Информационный материал ГК «Черкизово». Завод будущего – от слов к делу. Новый завод Черкизово: в рамках «Автоматизация пищевой промышленности» – INTEK PROMIT FOOD-2018 (Челябинск, 5 декабря 2018 г.) – 15 с.

42. Топ 5 трендов в робототехнике на 2021 год [Электронный ресурс]. URL: <https://www.robotunion.ru/tpost/yf0fdtskz1-top-5-trendov-v-robototekhnike-na-2021-go> (дата обращения: 20.04.2021).

43. Топ-30 интеграторов промышленных роботов в России [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tadviser.ru/index.php/> Статья: Топ-30 интеграторов промышленных роботов в России (дата обращения: 20.04.2021).

ПРИЛОЖЕНИЕ

Компании-интеграторы промышленных роботов* в России [43]

№ п/п	Компания-интегратор	Компания-производитель
1	«Альфа Инжиниринг» 630027, Новосибирск, ул. Дунаевского, 16. Тел. 8 (800) 350-07-67. E-mail: alfamatic@alfamatic.ru https://alfamatic.ru	«FANUC»
2	«Белфин» 111622, Москва, ул. Большая Косинская, 27. Тел.: +7 (499) 322-74-64, +7 (962) 900-02-84. E-mail: info@belfingroup.com https://belfingroup.com/robotizacziya.html	«FANUC», «Kawasaki», «KUKA»
3	«Вебер Комеханикс» 115088, Москва, Шарикоподшипниковская, 4, корп. 25. Тел. +7 (495) 191-05-95. E-mail: weber0-12@weber.ru https://weber.ru	«FANUC», «Yaskawa»
4	«Вектор Групп» 129085, Москва, ул. Годовикова, 9, стр., 13, а/я 94. Тел. +7 (495) 787-49-12 (многоканальный). E-mail: info@vektor-grupp.ru https://vektor-grupp.ru	«KUKA», «Mitsubishi Electric», «Omron»
5	ГК «Триз Роботикс» («TrizRobotics») 620012, Свердловская обл., г. Екатеринбург, пл.1-й Пятилетки, 1, офис 26. Тел. +7 (922) 614-03-55	«FANUC»
6	ГК «Eurotechprom» («АВИАТЕХ») 450520, г. Уфа-Нижегородка, ул. Чапаева, 38/1. Тел. +7 (347) 222-85-18. E-mail: info@aviateh.com http://aviateh.com	ABB, «FANUC», «KUKA»

* Интегратор промышленных роботов – компания, которая разрабатывает проекты по автоматизации производственных процессов на базе промышленных роботов, выполняет сборку, установку и настройку робототехнических комплексов на производстве, а также производит дальнейшее обслуживание внедренного оборудования.

№ п/п	Компания-интегратор	Компания- производитель
7	ДельтаСвар 620141, г. Екатеринбург, ул. Завокзальная, 29. Тел.: +7 (343) 384-71-72 (многоканальный), +7 (343) 305-41-06. E-mail: ekb@deltasvar.ru https://www.deltasvar.ru	ABB, «Yaskawa»
8	ООО «ДС-Роботикс» 109387, Москва, ул. Люблинская, 42, офис 223-3. E-mail: info@ds-robotics.ru https://ds-robotics.ru	ABB, «KUKA»
9	Научно-производственный центр ИРС (iRS) Москва, ул. Профсоюзная, 78. Тел.: +7 (495) 330-07-88, +7 (495) 330-56-01	ABB, «FANUC»
10	«Квантум Системс» Москва, 1-й Можайский тупик, 8а. Тел. +7 (495) 221-61-13. E-mail: info@quantumspace.ru https://quantumspace.ru	«KUKA», «Omron»
11	МДИ2Б 109428, Москва, Рязанский просп., 22, корп. 2, офис 501. Тел. +7 (499) 755-87-05. E-mail: info@mdi2b.ru https://mdi2b.com	ABB, «FANUC»
12	УРТЦ «Альфа-Интех» г. Челябинск, ш. Metallургов, 27п/1. Тел. +7 (351) 245-49-54. E-mail: info@alpha-intech.com https://www.alpha-intech.com	«KUKA»
13	«Фруктонад групп» 141720, Московская обл., г. Долгопрудный, мкр. Павельцево, ул. Озерная, 13а. Тел. +7 (499) 350-95-00. E-mail: sales@fructonad.ru www.fructonad.ru	ABB

№ п/п	Компания-интегратор	Компания- производитель
14	«Юкам-Груп» 105082, Москва, Рубцовская наб., 2, корп. 2. Тел. +7 (499) 267-9198 / 73. E-mail: info@ukam.ru http://www.ukam.ru	«FANUC», «Kawasaki»
15	«BFG Robotics» 426008, Ижевск, ул. Пушкинская, 268. Тел. 8 (800) 100-05-67. E-mail: robot@bfg-group.ru https://bfg-robotics.ru	«FANUC», «KUKA»
16	«DI RoboticS» Уфимский р-н, с. Zubovo, ул. Аксакова 1, литер В. Тел.: +7 (987) 627-21-20, +7 (917) 778-21-53. E-mail: Info@dirobotics.ru http://dirobotics.ru	«FANUC»
17	«Артех» 450520, Уфимский р-н, с. Нижегородка, ул. Чапаева, 38. Тел. +7 (347) 221-07-90. E-mail: info@artech.si https://www.artech.si	«KUKA», «Stäubli»
18	«Велдинг Групп Самара» 443070, Самарская обл., г. Самара, ул. Дзержинского, 46д. Тел. +7 (917) 140-18-58. https://velding-grupp-samara.tiu.ru	«KUKA»
19	«ВР Мастер» 420500, Республика Татарстан, Лаишевский район, с. Усады, ул. Дорожная, 42. Тел. +7 (843) 528-30-32. E-mail: mail@vr-master.ru https://vr-master.ru	«KUKA»
20	Компания АНТ 192019, Санкт-Петербург, ул. Глиняная, 5, корп. 1, офис 308. Тел. +7 (812) 642-29-60. E-mail: info@ant-company.ru ant-company.ru	ABB, «Universal Robots»

№ п/п	Компания-интегратор	Компания- производитель
21	«Машин Ритэйл Групп» Москва, ул. Енисейская, 1. Тел. +7 (495) 966-41-47	«FANUC»
22	НТЛТ 600910, г. Радужный Владимирской обл., а/я 11. ФКП ГЛП «Радуга» СП13, корп. 6а. Тел.: +7 (4922) 45-90-52, +7 (4922) 45-90-51. E-mail: lhit33@gmail.com http://laser-hard.ru	«FANUC»
23	«Пластик Энтепрайз» 346400, Ростовская обл., г. Новочеркасск, а/я 63. Тел/факс: +7 (8635) 24-41-50, 24-02-88. http://www.plasticenterprise.ru	«FANUC»
24	ПО «Зарница» 111123, Москва, ул. 1-я Владимирская, 12, к. 2. Тел.: 8 (800) 775-37-97, +7 (495) 987-47-55. E-mail: zakaz@zrnc.ru https://zarnitza.ru	«KUKA»
25	«Пролог Плюс» 445057, г. Тольятти, Приморский б-р, 31. Тел.: 8 (8482) 34-11-47, 34-11-83, 20-11-20. E-mail: contact@prologue.ru http://www.prologue.ru	«KUKA»
26	«Роксор Индастри» 199178, Санкт-Петербург, Малый пр. В.О., 30-32. Тел. +7 (812) 327-78-50. E-mail: info@roxor.ru https://roxorindustry.ru	«Yaskawa»
27	«Сигма» 105173, Москва, ул. 9 Мая, 12б. Тел.: +7 (495) 542-4170, факс: +7 (495) 542-41-80. E-mail: info@sigma-is.ru http://www.sigma-is.ru	«FANUC»
28	«Солан-Д» 125424, Москва, Волоколамское ш., 73, офис 263. Тел. 8 (800) 222-09-28. E-mail: piovan@solandtech.ru http://www.solandtech.ru	«FANUC»

Продолжение приложения

№ п/п	Компания-интегратор	Компания- производитель
29	«Униматик» 620100, г. Екатеринбург, ул. Восточная, 45. Тел.: +7 (343) 289-90-20, +7 (343) 289-90-22. E-mail: ural@unimatic.com https://unimatic.ru	FANUC
30	ООО «Шторм» 624093, г. Верхняя Пышма, ул. Бажова, 28, а/я № 1. Тел.: +7 (343) 304 64 50, +7 (343) 254-36-66	«FANUC»

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Анализ развития промышленной робототехники в мире	5
2. Современные системы технического зрения роботов в мясной промышленности.....	15
3. Роботы для первичной переработки скота и разделки мясной продукции.....	23
4. Роботы для фасовки и упаковки пищевой продукции	38
5. Мобильные роботы.....	53
6. Опыт использования роботов на предприятиях мясной промышленности.....	56
Заключение	65
Литература	69
Приложение. Компании-интеграторы промышленных роботов в России.....	72

**Людмила Юрьевна Коноваленко,
Николай Петрович Мишуров
(ФГБНУ «Росинформагротех»);
Марина Александровна Никитина
(ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН)**

ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТОТЕХНИКИ В МЯСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*Редактор Л.Т. Мехрадзе
Обложка художника П.В. Жукова
Компьютерная вёрстка Т.С. Ларёвой
Корректор В.А. Белова*

fgnu@rosinformagrotech.ru

Подписано в печать 04.06.2021	Формат 60×84/16		
Бумага офсетная	Гарнитура шрифта «Times New Roman»	Печать офсетная	
Печ. л. 5,0	Тираж 500 экз.	Изд. заказ 125	Тип. заказ 308

Отпечатано в типографии ФГБНУ «Росинформагротех»,
141261, пос. Правдинский Московской обл., ул. Лесная, 60

ISBN 978-5-7367-1630-2



9 785736 716302 >

