

**Е.А. Скворцов**

# **ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РОБОТИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**



**Тюмень, 2023**

Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации

ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет  
Северного Зауралья»

**Е.А. Скворцов**

**ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ  
РОБОТИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

Монография

Текстовое (символьное) электронное издание

Редакционно-издательский отдел  
ГАУ Северного Зауралья  
Тюмень 2023

УДК 621.6.04  
ББК 30.36 +38.644

**Скворцов, Е. А.** Территориальные закономерности роботизации сельского хозяйства: монография / Е. А. Скворцов. – Тюмень: ГАУ Северного Зауралья, 2023. –188 с. URL: <https://www.tsaa.ru/documents/publications/2022/skvortsov.pdf>. – Текст : электронный.

Одной из значимых характеристик роботизации сельского хозяйства является территориальная неоднородность данного процесса. В ряде регионов, несмотря на наличие дефицита кадров, программ модернизации отрасли, роботизация сельского хозяйства не осуществляется или осуществляется крайне низкими темпами. Процесс роботизации сельского хозяйства связан с социально-экономическими особенностями развития регионов. К ним следует отнести уровень урбанизации, развитость инфраструктуры, демографическую ситуацию, конкурентоспособность аграрной сферы и ее возможности по привлечению рабочей силы по сравнению с другими отраслями и другие особенности. Результаты моделирования роботизации отрасли позволяют заключить, что эти процессы происходят в основном в результате региональных инициатив отдельных представителей власти и бизнеса, нежели являются системным процессом.

Монография предназначена для студентов направлений подготовки 38.03.01 «Экономика», 35.02.07. «Механизация сельского хозяйства», 35.03.06 «Агроинженерия», а также научных работников, занимающихся изучением влияния внедрения робототехники на различные отрасли народного хозяйства. Монография выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № «20-010-00636 А».

ISBN 978-5-98346-108-6

Текстовое (символьное) электронное издание

© Е.А. Скворцов, 2023  
© ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья, 2023

## Содержание

Введение .....	4
1. Сущность и эффективность применения робототехники в сельском хозяйстве .....	12
2. Динамика внедрения робототехники в аграрное производство РФ и ее регионов.....	28
3. Показатели развития сельского хозяйства и их влияние на роботизацию отрасли .....	44
4. Влияние инфраструктуры на роботизацию сельских территорий .....	61
5. Трудовая сфера и плотность роботизации сельского хозяйства .....	74
6. Анализ основных факторов пространственного развития регионов, способствующих и препятствующих роботизации сельского хозяйства...	99
7. Исследование типов организаций сельского хозяйства по размеру, уровню концентрации производства в которых целесообразно применять робототехнику .....	114
8. Анализ сельских территорий с робототехникой с учетом их удаленности .....	126
9. Экономико-математическое моделирование территориальных процессов роботизации сельского хозяйства .....	138
Заключение .....	157
Список используемых источников .....	166
Приложения .....	181

# ВВЕДЕНИЕ

**Р**ост качества и уровня жизни населения, приход на отечественный рынок зарубежных компаний обостряют конкуренцию на продовольственном рынке и заставляют организации сельского хозяйства совершенствовать технологические процессы в направлении увеличения объемов производства, снижения себестоимости продукции, повышения ее качества, искать новые принципы развития, неременным инструментом которых становится использование инноваций на основе робототехники. В то же время в условиях острой нехватки и продолжающегося оттока населения из сельской местности особое значение приобретают вопросы внедрения инноваций и инновационной техники, сберегающих трудовые ресурсы и повышающих творческую составляющую труда в сельском хозяйстве.

В последние годы государство усиливает внимание к процессам цифровизации и роботизации экономики страны. Принята Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации до 2035 года (Указ Президента РФ от 1 декабря 2016 года № 642 «О стратегии научно-технологического развития Российской Федерации до 2030 года»). Одним из приоритетов данной стратегии является переход в ближайшие 10-15 лет к цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам. Реализация стратегии позволит создать соответствующие условия и инфраструктуру роботизации, в том числе сельских территорий, подготовить кадры для достижения лидерства по избранным направлениям научно-технологического развития и построить целостную национальную инновационную систему. В целях реали-

зации данной стратегии разработан и принят план соответствующих мероприятий (Распоряжение Правительства Российской Федерации от 24 июня 2017 года №1325-р «План мероприятий по реализации Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации»), включающий механизм и ожидаемые результаты роботизации. Также принята научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017–2025 годы, направленная на решение поставленных задач стратегического развития. Намеченные меры системной поддержки перехода сельского хозяйства на использование робототехники будут способствовать появлению отечественных производителей, конкурентоспособных на мировом рынке.

Вместе с тем на практике роботизация сельских территорий затрудняется из-за отсутствия теоретических разработок по данной проблеме, недостаточной изученности целесообразности внедрения робототехники по сравнению с традиционными технологиями, отсутствия методических рекомендаций по внедрению данной техники, а также системной подготовки кадров, способных осваивать и использовать робототехнику.

В этих условиях необходим поиск новых универсальных закономерностей, исследование которых позволит повысить привлекательность сельского хозяйства для нового поколения кадров, создаст условия для повышения закрепляемости выпускников аграрных вузов и колледжей. Роботизация аграрного сектора, сельских территорий может осуществляться на основе использования принципиально новых физических, социально-экономических принципов, информационных технологий и систем управления. Становятся актуальными: исследование факторов, влияющих на роботизацию сельских территорий; определение характеристик сельских территорий, наиболее предпоч-

тительных для применения робототехники; оценка влияния и использования робототехники на основные социально-экономические показатели сельских территорий; выявление и систематизация факторов, препятствующих роботизации в аграрной сфере.

Отдельные вопросы, связанные с внедрением и использованием робототехники в сельском хозяйстве, рассмотрели известные российские ученые: Н.И.Абрамова, А.В. Акимов, М.И. Горбачев, А.А Гришин, Л.П. Кормановский, Ю. Ф.Лачуга, Н.М. Морозов, В.И. Набоков, Ю.Н. Никулина, П. А. Савиных, В.К. Скоркин, Е.А. Скворцов, Е.Г. Скворцова, А.Н. Семин, В.Н. Суровцев, Е.А.Тяпугин, В.К. Углин, Р.Р. Хисамов, Ю.А. Цой, С.В. Шаныгин и Е.И. Юревич и другие. Вместе с тем многие аспекты, связанные с территориальными аспектами роботизации сельского хозяйства, теоретически и методически не разработаны.

Важная научная проблема состоит в разработке теоретических положений и методических рекомендаций по совершенствованию пространственного развития роботизации сельских территорий. В рамках данной проблемы выполнен анализ динамики внедрения робототехники в аграрное производство РФ и ее регионов, проведено ранжирование территорий по плотности роботизации. Установлена зависимость роботизации сельских территорий от уровня государственной поддержки сельского хозяйства и индекса производства продукции сельского хозяйства в сопоставимых ценах. Определено влияние объектов инфраструктуры, в том числе дорог, отвечающих нормативным требованиям, доступа к услугам связи (в том числе к широкополосному Интернету) на роботизацию сельских территорий. Выполнен анализ регионов и сельских территорий, на которых используется робототехника, по удель-

ному весу трудоспособного населения, изменению уровня зарегистрированной безработицы от численности экономически активного населения, среднемесячной номинальной начисленной заработной плате, проведено ранжирование этих территорий по плотности роботизации. Выполнен анализ основных факторов пространственного развития регионов, способствующих и препятствующих роботизации аграрного производства. На основе имеющегося опыта роботизации отрасли выделены типы организаций сельского хозяйства по размеру, профилю деятельности и уровню концентрации производства, в которых целесообразно применять робототехнику. В свою очередь это позволило разработать пространственную модель роботизации сельского хозяйства в зависимости от различных факторов с применением метода картографирования. Таким образом, проведено зонирование сельских территорий по целесообразности роботизации сельского хозяйства. Результаты исследования позволили предложить обоснование мер по приоритетной роботизации аграрного производства регионов, где данная деятельность протекает медленными темпами или не осуществляется, допущено технологическое отставание.

Основная гипотеза исследования состоит в том, что роботизация сельского хозяйства осуществляется с учетом региональных особенностей и специфики конкретных отраслей аграрного производства. Наблюдается существенная неравномерность процесса роботизации сельского хозяйства по территории страны. Это требует выделения региональной специфики роботизации, которая может быть связана с особенностями сельских территорий. К данным особенностям можно отнести уровень и условия социально-экономического развития, уровень урбанизации, развитость инфраструктуры, демографическая



ситуация, конкурентоспособность аграрной сферы и ее возможности по привлечению рабочей силы по сравнению с другими отраслями и др. Вместе с тем данные вопросы должным образом не изучены, что сдерживает процесс роботизации сельского хозяйства и составляет важную народнохозяйственную проблему.

Для исследования территориальных аспектов роботизации сельского хозяйства использован комплекс методов. При решении каждой задачи, на каждом этапе исследования использованы соответствующие методы исследования и информационная база. Так, при исследовании процесса роботизации аграрного производства сельских территорий учитывались региональные особенности и специфика отрасли. Выделены особенности пространственного развития роботизации аграрного сектора, которые связаны с особенностями сельских территорий.

Для анализа деятельности по внедрению робототехники в сельском хозяйстве использованы данные Росстата, осуществлены соответствующие запросы данных в Министерство сельского хозяйства РФ о количестве единиц робототехники, внедренной в организациях сельского хозяйства (в динамике), о марках этой техники и т.д. По отдельным регионам данные уточнены в региональных министерствах сельского хозяйства и АПК. Используются результаты собственных исследований, в том числе скрининга сети Интернет.

Предложенные методы позволяют выполнить анализ и провести классификацию сельских территорий, на которых применяется робототехника, по плотности роботизации. При этом в качестве переменных использованы уровень государственной поддержки сельского хозяйства; индекс производства продукции сельского хозяйства в сопоставимых ценах; удельный вес трудоспособного насе-

ления; уровень зарегистрированной безработицы; среднемесячная номинальная начисленная заработная плата; удельный вес дорог, не отвечающих нормативным требованиям; обеспеченность доступа к услугам связи, в том числе к широкополосному Интернету. Информационной базой послужили данные Росстата, данные Министерства сельского хозяйства РФ, а также данные собственных исследований.

Методом экспертного опроса выполнена оценка факторов, препятствующих роботизации аграрного производства и сельских территорий. При этом будет применяться соответствующая методика. В данной методике используется качественная оценка факторов, которая впоследствии преобразуется в количественную, балльную. Данный анализ позволит также выделить факторы, которые в максимальной мере препятствуют роботизации аграрного производства и соответствующих территорий, воздействовать на них с целью активизации деятельности по роботизации. Затем исчисляется совокупная оценка (коэффициент) влияния факторов, препятствующих роботизации сельских территорий ( $P_{ст}$ ), который может варьировать от 0 до 1:

$$P_{ст} = \frac{\sum_{k=1}^n I_k}{K}, \quad (1)$$

где  $K$  – общее количество факторов, препятствующих роботизации сельских территорий.

Для характеристики данного показателя использовалась следующая градация факторов, препятствующих роботизации сельских территорий:

от 0,0 до 0,33 – уровень препятствий низкий, имеются небольшие препятствия роботизации аграрного производства сельских территорий;

от 0,33 до 0,66 – уровень препятствий средний. Означает наличие серьезных препятствий роботизации аграрного производства сельских территорий. Предполагает государственную поддержку данной деятельности;

от 0,66 до 1,0 – уровень препятствий высокий, означает наличие весьма значительных препятствий. Предполагает существенную государственную поддержку роботизации аграрного производства, сельских территорий.

По размерам или масштабам своей деятельности организации сельского хозяйства относятся к крупным, средним или малым в зависимости от численности персонала и размера выручки от реализации продукции. Критерии отнесения организаций к крупным, средним или малым в зависимости от численности персонала содержатся в Федеральном законе от 24.07.2007 №209-ФЗ «О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации». Критерии классификации организаций по выручке содержатся в Постановлении Правительства РФ от 13 июля 2015 г. №702 «О предельных значениях выручки от реализации товаров (работ, услуг) для каждой категории субъектов малого и среднего предпринимательства».

Диагностика состояния и последующие выводы относительно повышения эффективности деятельности по роботизации сельских территорий выполнены на основе построенной модели роботизации отрасли. На первом этапе многофакторного анализа собраны и систематизированы данные и показатели состояния организационно-экономического потенциала сельских территорий. К показателям относятся: доля сельского населения; удаленность сельских территорий от крупных городов; среднемесяч-

ная номинальная начисленная заработная плата; удельный вес трудоспособного населения; индекс производства продукции сельского хозяйства в сопоставимых ценах; удельный вес дорог, не отвечающих нормативным требованиям; уровень зарегистрированной безработицы среди экономически активного населения; обеспеченность доступа к услугам связи (в том числе к широкополосному Интернету); уровень государственной поддержки сельского хозяйства. На втором этапе выполнен расчет относительных показателей (девять индикаторов по четырем блокам), что позволило в последующем, на третьем этапе, провести ранжирование территорий по полученным показателям в зависимости от плотности роботизации в порядке убывания. На четвертом этапе анализа, с опорой на проранжированные данные, составлена сводная матрица рангов роботизации регионов.

В качестве общеэкономических методов использованы методы экономико-статистического анализа, группировок, системный подход, метод корреляционного анализа, а также другие методы научного исследования, обобщения и обработки информации, обусловленные конкретными задачами научной работы.

Информационно-эмпирическая база исследования включает официальные статистические и информационные материалы Федеральной службы государственной статистики и ее территориальных органов, обзоры научно-исследовательских институтов, аналитические материалы национальных статистических агентств, Организации экономического сотрудничества и развития, Министерства сельского хозяйства РФ и его подразделений, научные доклады, материалы российской и зарубежной периодической печати, интернет-изданий, выступления отечественных и зарубежных ученых.

# 1. СУЩНОСТЬ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РОБОТОТЕХНИКИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Организации сельского хозяйства многих российских регионов в последнее время сталкиваются с нехваткой рабочей силы. Прежде всего, ощущается потребность в работниках массовых профессий, к которым можно отнести работников по уходу за животными, сбору урожая и т.д. Одной из причин сложившегося положения в аграрном секторе экономики является неблагоприятная демографическая ситуация в ряде регионов и растущая урбанизация населения. Происходит рост стоимости рабочей силы, что заставляет сельхозтоваропроизводителей внедрять трудосберегающие технологии. Решением этих проблем может стать цифровизация сельского хозяйства, позволяющая повысить его эффективность в регионах РФ. В последние годы наблюдаются высокие темпы внедрения цифровых технологий в производство, в том числе происходит роботизация сельского хозяйства [78].

Некоторые исследователи отмечают, что внедрение робототехники в сельском хозяйстве и, в частности, в доении животных приводит к сокращению потребности в рабочей силе, улучшению условий жизни сельского населения и повышению производительности их труда. Робототехника в аграрном производстве меняет многие аспекты управления хозяйством, поскольку трансформируется как характер, так и организация труда. Ручной труд частично

заменяется управлением и контролем, не требуется постоянного присутствия оператора во время выполнения производственных операций [86].

Важным вопросом является анализ областей применения и эффективности использования робототехники в сельском хозяйстве [4, 13]. Использование робототехники в аграрном производстве позволяет существенно повысить его эффективность. Исследованием канадских ученых, которое проводилось в общей сложности на 530 роботизированных фермах в 2014–2015 годах, было установлено существенное улучшение экономических показателей. В среднем после внедрения робототехники на фермах численность работников сократилась с 2,5 до 2,0 человека на одну ферму, в то время как время, затрачиваемое на деятельность, связанную с доением, сократилось на 62% (с 5,2 до 2,0 часов/сутки). Средняя кратность доения повысилась до 3,0 раза в сутки, а загруженность роботов составила в среднем 77% в течение дня. Производители сообщили об увеличении надоев молока, при этом средний удой на роботизированных фермах повысился до 32,6 кг на корову в сутки. В целом исследование характеризует последствия роботизации ферм как положительные [109].

В работе турецких ученых обобщены результаты 33 исследований по 13 различным странам за 1998–2017 годы по проблемам применения робототехники в доении коров. Основные выводы их состоят в том, что молочные фермы, использующие роботизированную систему доения, имеют преимущества по сравнению с традиционными фермами. Так, по валовому производству молока увеличение составило 8,66% по сравнению с фермами без роботов, снижение трудоемкости – 27,84%, повышение кратности доения на 33,58%. Однако отмечается увеличение капи-

тальных затрат на 58,46% по сравнению с традиционными фермами. Несмотря на меньшую величину чистого дохода по сравнению с традиционными системами, необходимостью значительных инвестиций применение роботизированных установок в мире постоянно увеличивается. Это происходит, в том числе, благодаря улучшению социальных условий жизни сельского населения. По результатам исследования турецких ученых, фермеры имеют больше времени для семьи, испытывают меньше проблем со здоровьем, имеют возможность привлекать более квалифицированный персонал [96].

Проведены различные исследования с использованием моделирования, чтобы выявить преимущества и недостатки роботизированных систем доения. А. Дикхайзен и др. [63] исследовали экономический эффект от использования этой технологии вместо традиционной с доением в молокопровод доильной системы на молочной ферме. Ими были сделаны некоторые предположения относительно оптимального размера поголовья, общих расходов и налоговых ставок. Купер и Парсонс [60] использовали имитационную модель для проверки преимуществ и недостатков роботизированной системы доения. В своем исследовании они использовали трехфазную дискретную имитационную модель для изучения производительности системы роботизированного доения при различных вариантах управления и анализировали влияние размера поголовья, удоя и модели отела на фермах. В результате исследования они представили результаты, полученные при различных сценариях. В их другом исследовании, К. Купер и Д. Парсонс [60] изучены экономические и логистические результаты молочного производства. Этими учеными была разработана модель, представляющая собой трехэтапную дискретную имитационную модель с эконо-

мическим анализом результатов деятельности ферм с размером стада на них 85-95 голов. В результате исследования они выявили существенные экономические выгоды роботизированной системы доения по сравнению с традиционной.

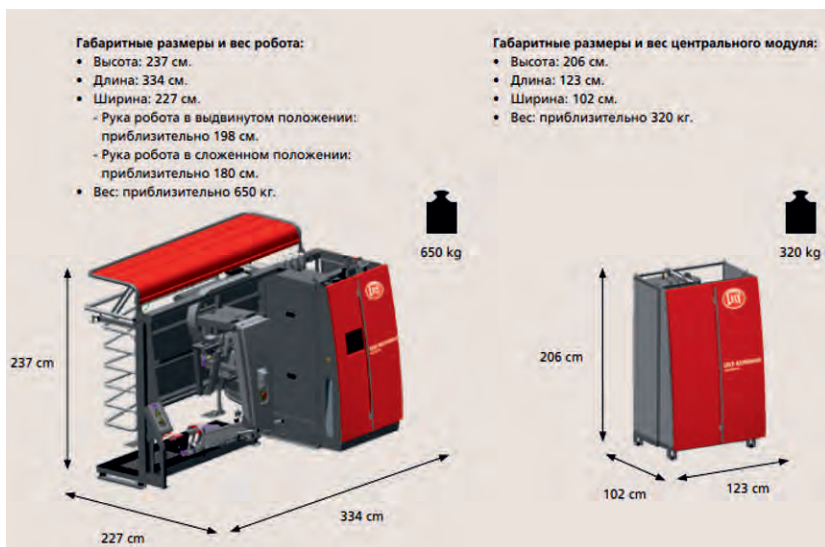
П. Вейсет и др. [111] в своем исследовании применили модель по данным работы 44 молочных ферм, использующих роботизированную систему доения. По результатам опроса было выполнено моделирование трех типов молочных ферм с поголовьем 60, 80 и 100 дойных коров. Они интерпретировали результаты через воздействие различных экономических факторов. Хайд и Энгель [74] использовали методы моделирования Монте-Карло, чтобы оценить значение безубыточности для молочных ферм с роботизированной системой доения. Анализ моделирует несколько сценариев для трех размеров дойного стада: 60, 120 и 180 коров. В результате исследования значения безубыточности составили 192 056 долл. США, 374 538 долл. США, и 553 671 доллар США соответственно. Л.Транель и К. Шульте [108] разработали модель бюджетирования, чтобы помочь производителям молочной продукции сделать обоснованные решения по экономическим переменным, связанным с роботизированной системой доения. Разработанный ими инструментарий позволяет выявить положительные и отрицательные последствия применения роботизированной системы доения.

Робот по доению крупного рогатого скота представляет собой бокс, в котором непосредственно происходит доение животных, и центральный модуль, в котором находятся основные узлы, обеспечивающие работу устройства. Основным компонентом является рука-манипулятор, которая совершает трехмерные движения. Робот включает в себя систему очистки сосков и вымени при помощи



моющего раствора и щеток. Устройство для автоматического доения также включает в себя приспособления для надевания и снятия доильных стаканов, также сенсорные и контрольные приборы, специальные весы, чтобы взвешивать корову, концентраты и молоко. Современные модели доильных роботов имеют возможность контролировать качество молока, то есть определять его цвет, кислотность, температуру, скорость молокоотдачи, электропроводность, объем по каждой доли вымени, такая возможность позволяет отделять качественное молоко от непригодного к употреблению. Данное оборудование имеет систему идентификации животных. Для того чтобы обнаружить соски, обработать вымя, надеть, а потом снять доильные стаканы, используются оптические, лазерные, комбинированные, ультразвуковые системы (датчики). Некоторые марки доильных роботов имеют систему качества молока, которая определяет число соматических клеток. Устройство робота по доению животных представлено на рисунке 1.

Расчет экономической эффективности использования доильной робототехники в организациях сельского хозяйства предлагаем начинать с определения эффектов, возникающих при использовании данной техники в сельскохозяйственном производстве [27]. При этом совокупный экономический эффект от использования доильной робототехники ( $\mathcal{E}_{др}$ ) по сравнению с традиционной технологией доения предлагается определять как сумму частных эффектов и экономии затрат от использования данной техники за вычетом издержек, связанных с увеличением амортизационных отчислений, и затрат на оплату услуг сторонних организаций по обслуживанию робототехники, по формуле:



**Рисунок 1. Внешний вид робота по доению крупного рогатого скота [34]**

$$\Theta_{др} = \Theta_{вп} + \Theta_{к} + \Theta_{от} + \Theta_{эк} - \Delta A_{пр} - O_{б}, \quad (2)$$

где  $\Theta_{вп}$  – прирост стоимости валовой продукции, руб.;

$\Theta_{к}$  – эффект от повышения качества молока, руб.;

$\Theta_{от}$  – экономия издержек на оплату труда, руб.;

$\Theta_{эк}$  – экономия кормов, руб.;

$\Delta A_{пр}$  – изменение амортизационных отчислений, руб.;

$O_{б}$  – стоимость услуг сторонних организаций по обслуживанию робототехники, руб.

Таблица 1

**Экономическая эффективность применения  
доильной робототехники, тыс. руб.**

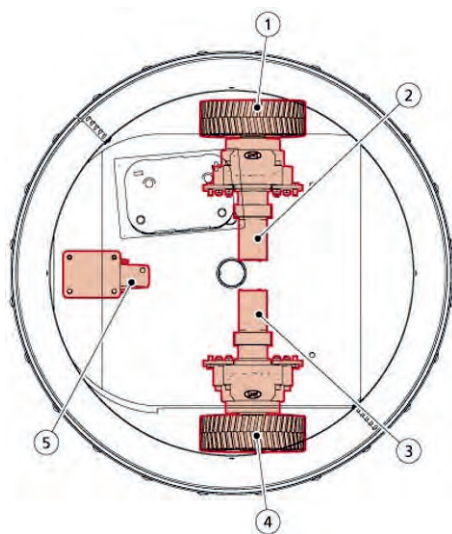
Основные результаты	Величина
Прирост стоимости валовой продукции	181,1
Экономия издержек на оплату труда	412,5
Экономия кормов	135,0
Эффект от повышения качества молока.	745,6
Общий экономический эффект	1474,2
Изменение амортизационных отчислений	-1216,1
Стоимость услуг сторонних организаций по обслуживанию робототехники	- 215,2
Совокупный экономический эффект от использования доильной робототехники	42,9

Из данных таблицы видно, что совокупный экономический эффект от использования доильной робототехники составил лишь 42,9 тыс. руб., что является недостаточным для принятия решения о внедрении доильной робототехники без государственного субсидирования затрат на ее приобретение.

Одним из наиболее трудоёмких процессов в животноводстве является приготовление и раздача кормов. Эта операция на фермах по разведению крупного рогатого скота, по различным оценкам, требует от 25 [69] до 40 % [12] рабочего времени. В последние годы с целью автоматизации процесса приготовления и раздачи кормов на фермах крупного рогатого скота начали внедряться автоматические системы кормления животных [11], в том числе с использованием роботов—подравнивателей кормов. Одним из ключевых преимуществ автоматических систем кормления является возможность существенного повышения кратности кормления до 8 и более раз в сутки [9,52], чего невозможно добиться при раздаче кормов вручную. Не-

которые исследования зарубежных ученых посвящены изучению влияния данного параметра на поведение животных, их продуктивность и на другие физиологические показатели [69,85].

Робот-подравнитель кормов «Lely Juno» голландской компании Lely можно использовать на животноводческих фермах (коровниках) с кормовым столом размером 102 x 4,5 метра. Робот адаптирован к любому коровнику, при этом имеет возможность работать сразу в нескольких помещениях, передвигаясь между ними по бетонному полу на открытом воздухе (рисунок 2).

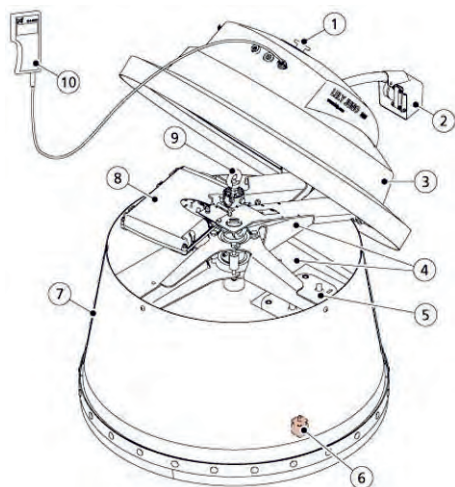


1. Левый опорный каток
2. Двигатель левого опорного катка
3. Правая опора катков.
4. Правый опорный каток двигателя
5. Передний опорный каток

**Рисунок 2. Эскиз робота-подравнителя кормов (вид сверху) [35]**

Робот-подравнитель кормов работает от аккумуляторных батарей (на свинцовых аккумуляторах): 2 батареи 12 В с низким разрядом) и после каждого цикла работы возвращается к зарядной станции, которую устанавливают

в доступном месте кормового прохода. Зарядная станция представляет собой блок питания 220/10 В (постоянного тока), предназначена для подзарядки аккумуляторных батарей робота от внешней сети переменного тока 220В (рисунок 3).



1. Кнопка аварийной остановки.
2. Зарядное устройство
3. Откидная крышка.
4. Гироскоп
5. Зарядка аккумулятора
6. Двигатель опорных катков
7. Депо
8. Гироскоп.
9. Зарядное устройство
10. Панель ручного управления E-link

**Рисунок 3. Эскиз робота-подравнителя кормов (вид сбоку) [35]**

Основная задача робота — подравнителя кормов — пододвигание и одновременное перемешивание в однородную массу корма, находящегося на кормовом столе, на заданное расстояние от стоек для обеспечения животным доступа к корму. Робот должен самостоятельно пододвигать и перемешивать в однородную массу корма животным 10–12 раз в сутки. Реализована функция безопасного перемещения робота (бесконтактная система безопасности). Робот останавливается на расстоянии 30–50 см от препятствия. При этом используется датчик расстояния (эхолокатор/сонар), находящийся в передней части ро-

бота. Обратная сторона и боковые стороны оборудованы контактными датчиками, позволяющими выполнять различные маневры.

Робот – подравнитель кормов Lely Juno на аккумуляторных батареях подходит для любых твердых и ровных кормовых столов и может перемещаться вдоль любых кормовых решеток. Недостатком данной модели является то, что данный робот может передвигаться только по прочному ровному бетонному полу с покрытием или без него. Также пол должен иметь ограниченный уклон. Кроме того, при использовании робота вне коровника (в теплую и жаркую погоду) возникает опасность образования колеи на битумном покрытии. Другим недостатком является значительный износ опорных катков. Существенным недостатком робота являются и проявляющиеся во время его движения отказы, связанные с потерей ориентации робота в пространстве.

Представляется целесообразным определить экономическую эффективность применения робота по подравниванию кормов. Первичные материалы, по которым осуществлялся расчет экономической эффективности этого робота, получены в одной из сельскохозяйственных организаций Алапаевского района Свердловской области. В этой организации используется технология беспривязного содержания и роботизированного доения и раздачи кормов. Полученные устойчивые результаты в течение нескольких лет эксплуатации робота – подравнителя кормов позволили выполнить оценку экономической эффективности его применения. Непосредственно исследования проводились в животноводческом помещении, где содержатся животные и применяется робот – подравнитель кормов. В группе животных, включенных в исследование, постоянно находилось 180–200 коров. Средняя

масса одного животного составляла 570 кг, при этом удой на одну голову достигал 6800–7300 кг за лактацию. В летний и зимний периоды кормление коров не отличалось, общесмешанный рацион соответствовал нормам, при этом колебания надоев в отдельные месяцы были незначительными – от 24 до 27 кг в сутки.

В корпусе с робототехникой крупный рогатый скот получал основной корм в виде кормосмеси, в ее составе было 85 % грубых и сочных травяных кормов, в том числе кукурузный силос, сенаж из многолетних трав и незначительный объем сена, в летний период использовалась зеленая масса многолетних трав. В составе кормовой смеси 10 % занимала подготовленная в хозяйстве смесь концентратов, включающая ячмень, мелассу, поваренную соль и другие добавки. В зависимости от продуктивности крупный рогатый скот получал покупной комбикорм в виде гранул, который скармливался автоматически в роботизированных установках для доения.

Определение эффективности использования робототехники в сельском хозяйстве предполагаем осуществлять на основе измерения частных эффектов от ее использования [25]. Так, годовой экономический эффект от использования робота–подравнителя кормов ( $\Theta$ ) представляет собой сумму частных эффектов, полученных в результате его использования:

$$\Theta_{\text{рп}} = \Theta_{\text{пр}} + \Theta_{\text{эк}} + \Theta_{\text{эфт}} - \Delta A_{\text{рп}} - O_{\text{б}}, \quad (3)$$

где  $\Theta_{\text{пр}}$  – эффект от прироста стоимости полученной продукции, руб.;

$\Theta_{\text{эк}}$  – эффект от экономии кормов, руб.;

$\Theta_{\text{эфт}}$  – эффект от экономии издержек на оплату труда, руб.;

$\Delta A_{\text{рп}}$  – изменение амортизационных отчислений, руб. ;  
 $O_6$  – стоимость услуг сторонних организаций по обслуживанию робототехники, руб.

Данный подход можно использовать для определения годового экономического эффекта от использования аналогичного оборудования. В таблице 2 приведены данные расчета экономической эффективности применения робота – подравнителя кормов.

Таблица 2

**Экономическая эффективность применения  
робота –подравнителя кормов**

Вид эффекта	Значение
Эффект от увеличения продуктивности, тыс. руб.	172,4
Эффект от снижения потерь корма, тыс. руб.	923,0
Экономия на заработной плате за год, тыс. руб.	340,2
Общий экономический результат, тыс. руб.	1435,6
Инвестиционный поток, %	87,8
Срок окупаемости, дней	407,0

Приведенные расчеты позволяют сделать следующие выводы. Потери кормов при внедрении данного робота уменьшаются с 13 до 3,5 %, при этом стоимость неиспользованных кормов уменьшается с 1217 до 294 тыс. руб. Общий экономический эффект от снижения потерь кормов составляет 923 тыс. руб. в год. Учитывая уровень заработной платы работников в организации, экономия фонда заработной платы составит 340,2 тыс. руб. в год. При этом эффект от роста производительности труда составит 172,4 тыс. рублей. Расчеты показывают, что совокупный экономический эффект составит 1435,6 тыс. рублей в год. При этом окупаемость инвестиций составит 87,8 %, а период окупаемости – чуть более года (407 дней). Таким образом, применение робота – подравнителя кормов имеет



ряд неоспоримых преимуществ. Предполагаем, что в дальнейшем произойдет активизация деятельности по внедрению робототехники в организациях сельского хозяйства, где имеет место нарастание кадровых рисков, обусловленное снижением численности сельского населения и увеличением дефицита рабочей силы на сельских территориях.

На основе обобщения полученного опыта можно выделить отдельные перспективы и ограничения применения роботов – подравнителей кормов (таблица 3).

Таблица 3

**SWOT-анализ применения  
роботов – подравнителей кормов**

<i>Сильные стороны (strengths):</i>	<i>Слабые стороны (weaknesses):</i>
Повышение продуктивности животных	Недостаточность денежных средств у хозяйств для приобретения роботов – подравнителей кормов
Экономия затрат на оплату труда	Слабое развитие или отсутствие инфраструктуры
Снижение потерь кормов в результате неравномерности их поедания животными	Возможное сопротивление работников внедрению робототехники
<i>Возможности (opportunities):</i>	<i>Угрозы (threats):</i>
Получение субсидий от государства на приобретение роботов – подравнителей кормов	Наметившееся отставание РФ в темпах внедрения робототехники, в объемах исследований робототехники для сельского хозяйства
Создание дополнительных рабочих мест в высокотехнологичном секторе, в том числе в программировании и обслуживании робототехники	Снижение обеспеченности сельских территорий квалифицированными кадрами
Снижение доли ручного неквалифицированного труда в сельском хозяйстве.	Недостаточная информированность фермеров о возможностях роботов

Следует заметить, что приобретение роботов – подравнителей кормов в РФ субсидируется, то есть часть затрат на оплату дилерам и монтаж роботов возвращается хозяйствам. Это повышает возможности хозяйств в дальнейшем приобретении данной техники. Дальнейшее увеличение численности используемых роботов – подравнителей кормов может способствовать созданию дополнительных рабочих мест в высокотехнологичном секторе, в том числе в программировании и обслуживании робототехники. Это может привести к снижению доли ручного неквалифицированного труда в сельском хозяйстве.

Существенной угрозой является наметившееся отставание России в научно-технических разработках и объемах исследований использования робототехники в сельском хозяйстве. В условиях жестких внешних ограничений создание совместных организаций с зарубежными партнерами представляется маловероятным. Создание робототехники в настоящее время возможно только с привлечением отечественных разработчиков. Для реализации поддержки организаций сельского хозяйства принята стратегия научно-технологического развития Российской Федерации до 2030 года. Одним из приоритетов этой стратегии является переход в ближайшие 10-15 лет к цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам. В последнее годы Правительство РФ повысило внимание к процессам цифровизации и роботизации экономики. Принята Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации до 2030 года (Указ Президента РФ от 1 декабря 2016 года № 642 «О стратегии научно-технического развития Российской Федерации до 2030 года»). Одним из приоритетов данной стратегии является переход в ближайшие 10–15 лет к цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, робо-

тизированным системам. Реализация стратегии позволит создать соответствующие условия и инфраструктуру роботизации, в том числе сельских территорий, подготовить кадры для достижения лидерства по избранным направлениям научно-технологического развития и построить целостную национальную инновационную систему. В целях реализации данной стратегии разработан и утвержден Распоряжением Правительства Российской Федерации от 24 июня 2017 года № 1325-р «План мероприятий по реализации Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, включающий механизм реализации и ожидаемые результаты роботизации отраслей экономики. Также принята научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017–2025 годы, направленная на решение поставленных задач стратегического развития. Предусмотренные меры системной поддержки перехода сельского хозяйства на использование робототехники будут способствовать появлению конкурентоспособных на мировом рынке отечественных производителей.

Следует отметить, что массовое применение робототехники в отрасли может повысить уровень безработицы на сельских территориях занятых ручным, неквалифицированным трудом. По некоторым прогнозам, роботизация, в том числе сельского хозяйства, может привести к повышению технологической безработицы. Это особенно актуально для аграрного сектора, где занята существенная доля трудоспособного населения сельских территорий. В связи с этим необходимо определить наиболее уязвимые в этом плане отрасли сельского хозяйства и сформировать научно-практические рекомендации для разработки и реализации соответствующей государственной политики, построить карьерные стратегии для будущего поколения кадров. Следует также отметить недостаточную информированность фермеров о возможностях робототехники.

Это в определенной мере может быть связано с обучением в профильных учебных заведениях по устаревшим программам. Необходима модернизация системы обучения в аграрных высших, средних специальных и профессиональных учебных заведениях с увеличением доли активных методов обучения, формированием у будущих специалистов, бакалавров и магистров компетенций по работе с робототехникой.

Роботизация производства на животноводческой ферме должна иметь приоритетное значение, так как существуют объективные предпосылки применения роботов и существенные преимущества использования их по сравнению с традиционной технологией, проявляющиеся на уровне хозяйствующих субъектов, отрасли и государства. Как уже было отмечено, применение роботов – подраживателей кормов имеет значительные преимущества, к которым следует отнести: увеличение продуктивности животных в результате стимулирования поедания кормов, обеспечение равномерности поедания корма, снижение потери кормов в процессе скармливания, увеличение продолжительности жизни коров.

Применение цифровых технологий и, в частности, робототехники приводит, в том числе, к снижению влияния географического фактора на результаты деятельности организаций сельского хозяйства [81]. Как показывает практика, близкое расположение к местам сбыта продукции позволяет хозяйствам получать дополнительные преимущества [49,62]. В связи с этим многие организации сельского хозяйства, которые располагаются вблизи крупных городов и агломераций, как правило, имеют более высокие экономические показатели. При этом многие организации сельского хозяйства, расположенные на периферии, находятся в стагнации.

## 2. ДИНАМИКА ВНЕДРЕНИЯ РОБОТОТЕХНИКИ В АГРАРНОЕ ПРОИЗВОДСТВО РФ И ЕЕ РЕГИОНОВ

**Р**ост качества и уровня жизни населения, дефицит кадров, желание субъектов хозяйствования повысить экономическую эффективность производства вызывают необходимость совершенствовать технологические процессы в направлении наращивания производства продукции, снижения ее себестоимости и повышения качества, искать новые принципы развития, неизменным инструментом которых становится использование инноваций, в том числе на основе робототехники [20]. В условиях острой нехватки и продолжающегося оттока населения из сельской местности особое значение приобретают вопросы внедрения инноваций и инновационной техники, в том числе робототехники, сберегающих трудовые ресурсы и повышающих творческую составляющую труда в сельском хозяйстве.

В таблице 4 представлена среднегодовая численность занятых в сельском хозяйстве, охоте и лесном хозяйстве; рыболовстве, рыбоводстве.

По данным Росстата, на 1 января 2018 года в целом по России среднегодовая численность занятых в сельском хозяйстве, охоте и лесном хозяйстве; рыболовстве и рыбоводстве составила 5802 тыс. человек. При этом общее количество занятых в данных видах экономической деятельности за рассматриваемый период снизилось на 22%. Количество занятых в Центральном федеральном округе

Таблица 4

**Среднегодовая численность занятых в сельском хозяйстве, охоте и лесном хозяйстве; рыболовстве и рыбоводстве, тыс. чел.**

Федеральный округ	2013	2014	2015	2016	2017	В среднем за 2013-2017 годы	2017 к 2013,%
Российская Федерация	6503	6386	5546	5502	5075	5802	78,0
Центральный	1223	1210	1018	1014	954	1084	78,0
Северо-Западный	383	372	322	323	290	338	75,7
Южный	977	953	938	912	844	925	86,4
Северо-Кавказский	720	729	721	724	708	720	98,3
Приволжский	1618	1581	1269	1264	1123	1371	69,4
Уральский	365	353	297	293	263	314	72,1
Сибирский	924	904	751	738	669	797	72,3
Дальневосточный	293	283	230	235	225	253	76,7

снизилось на 22% и составило более 1 млн человек. Наибольшее снижение количества занятых в данной сфере наблюдалось в Приволжском (30,6%), Уральском (27,9%) и Сибирском (27,7%) федеральных округах. Наиболее стабильная численность занятых в сельском хозяйстве, охоте и лесном хозяйстве; рыболовстве и рыбоводстве наблюдается в Южном федеральном округе (снижение на 13,6%) и Северо-Кавказском федеральном округе (снижение лишь на 1,7%). В Дальневосточном федеральном округе наименьшая среди округов численность занятых данными видами экономической деятельности, которая составила в среднем за наблюдаемый период 253 тысячи человек. Таким образом, в РФ сложилась устойчивая тенденция

к снижению численности занятых в сельском хозяйстве, охоте и лесном хозяйстве; рыболовстве и рыбоводстве.

По прогнозам экспертов, в среднесрочной и долгосрочной перспективе численность населения сельских территорий будет сокращаться, при этом скорость этого негативного процесса будет увеличиваться. В настоящее время население сельских территорий составляет 39,5 млн. человек, или 27% от численности населения России, из них трудоспособные граждане – около 21 млн человек, или 53,2%. Значительное количество и долю жителей сельских территорий (9,1 млн человек, или 23%) составляют пенсионеры. Согласно экспертным оценкам, численность сельского населения в России с учетом миграции к 2020 г. снизится на 4,6 %, а к 2040 г. – на 10,2 %. Данные демографические тенденции приводят к нарастанию дефицита кадров в сельском хозяйстве.

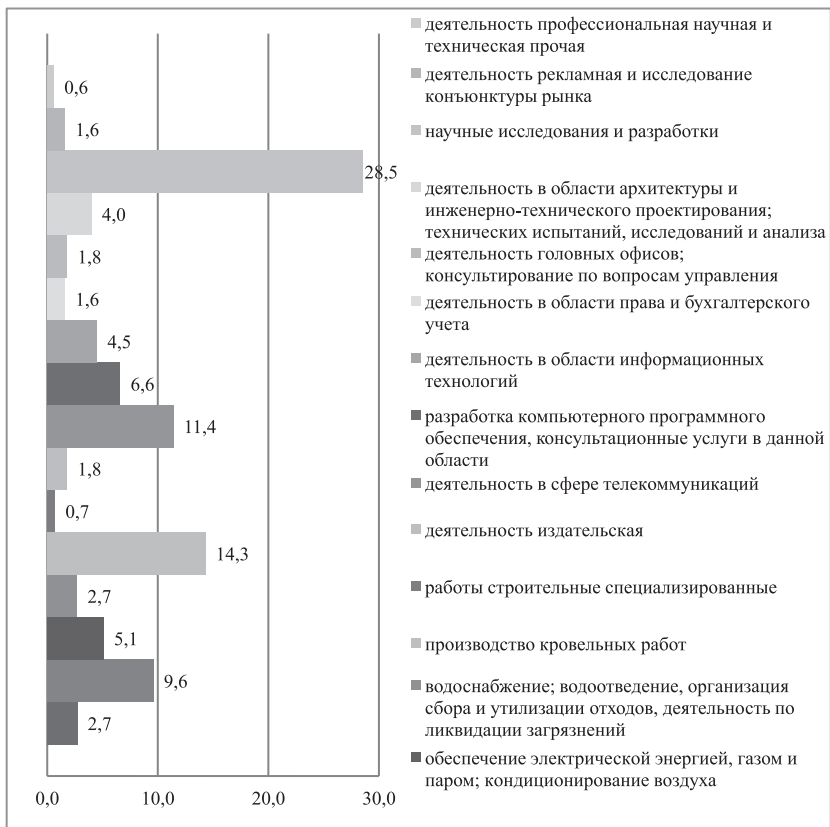
Несмотря на высокую потребность в роботах процессы роботизации сельского хозяйства многих регионов и сельских территорий затрудняются из-за отсутствия теоретических разработок по данной проблеме, недостаточной изученности целесообразности внедрения робототехники по сравнению с традиционными технологиями, отсутствия методических рекомендаций по внедрению данной техники, а также системной подготовки кадров, способных ее осваивать. В этих условиях необходим поиск новых универсальных закономерностей, которые позволят повысить привлекательность сельского хозяйства для нового поколения кадров, создаст условия для закрепляемости выпускников аграрных вузов и колледжей на селе. Роботизация аграрного сектора сельских территорий должна осуществляться на основе использования качественно новых физических, социально-экономических принципов, информационных технологий и систем управления.

При совершенствовании процессов роботизации сельского хозяйства необходимо учитывать региональные особенности и специфику отрасли [21]. Можно выделить особенности пространственного развития внедрения робототехники, которые связаны с особенностями сельских территорий [2]. К ним относятся уровень и условия социально-экономического развития, уровень урбанизации, развитость инфраструктуры, демографическая ситуация, уровень государственной поддержки, конкурентоспособность аграрной сферы и ее возможности по привлечению рабочей силы по сравнению с другими отраслями и др.

Сельское хозяйство характеризуется низкой долей организаций, осуществляющих технологические инновации и, соответственно, низкой плотностью роботизации аграрной сферы (рисунок 5).

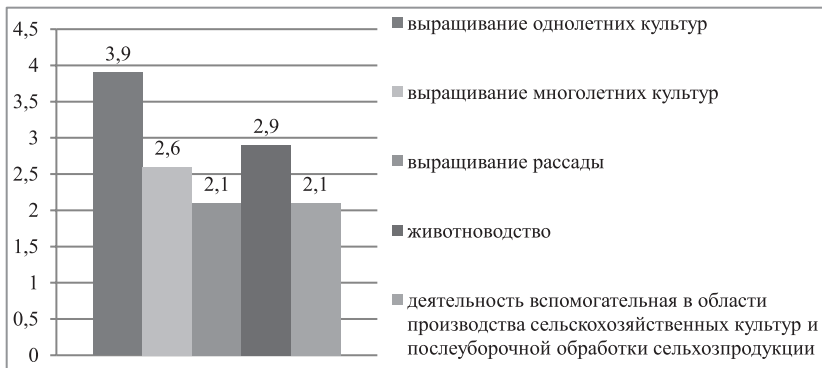
В соответствии с данными Росстата, наибольшая доля (28,5%) организаций, осуществляющих технологические инновации, это организации, занимающиеся научными исследованиями и разработками. Значительная доля организаций (14,3%), осуществляющих производство кровельных работ, также применяет в своей деятельности технологические инновации. Высокая доля данных инноваций имеет место в организациях, осуществляющих промышленное производство (9,6%), и в организациях в сфере телекоммуникаций (11,4%). Следует отметить, что в сельском хозяйстве доля организаций, осуществляющих технологические инновации, остается на весьма низком уровне (2,7%). Вместе с тем использование данных технологий, в частности робототехники, в сельском хозяйстве обеспечивает рост производительности труда [58] и снижение затрат производства.





**Рисунок 5. Удельный вес организаций, осуществлявших технологические инновации в 2017 году, в общем числе обследованных организаций, по Российской Федерации, по видам экономической деятельности**

Можно выделить отдельные отрасли сельского хозяйства, в которых организации осуществляют технологические инновации (рисунок 6).



**Рисунок 6. Удельный вес организаций сельского хозяйства, осуществлявших технологические инновации в 2017 году РФ**

Как видно из данных анализа, наибольшая доля технологических инноваций наблюдается в организациях, осуществляющих выращивание однолетних (3,9%) и многолетних (2,6%) культур. В животноводстве технологические инновации применяются в 2,9% организаций. Низкий уровень использования технологических инноваций, в частности робототехники, в сельском хозяйстве вызывает необходимость исследования данных процессов. Можно выделить некоторые общие характеристики сельских территорий, которые оказывают влияние на внедрение технологических инноваций. Так, некоторые авторы указывают на повышенный уровень безработицы и более низкий уровень грамотности в удаленных сельских территориях [93]. Отмечают повышенную долю в них структурной безработицы [7] и «скрытую безработицу»..

Для выявления территориальных закономерностей роботизации сельского хозяйства использованы данные Росстата. Также осуществлены соответствующие запросы данных в региональные отделения Министерства сельского хозяйства РФ о количестве единиц робототехники, вне-

дренной в организациях сельского хозяйства (в динамике), о марках этой техники. По отдельным регионам данные уточнены в региональных министерствах сельского хозяйства и АПК.

При этом предполагается использовать показатель «плотность роботизации» ( $P_p$ ). Данный показатель следует рассчитывать как отношение количества используемых единиц робототехники к численности работников, занятых в сельскохозяйственном производстве:

$$P_p = K_p / Ч_{рм} \times 10000, \quad (4)$$

где  $K_p$  — количество единиц робототехники, применяемой в сельском хозяйстве, шт.

$Ч_{рм}$  — численность работников, занятых в сельскохозяйственном производстве.

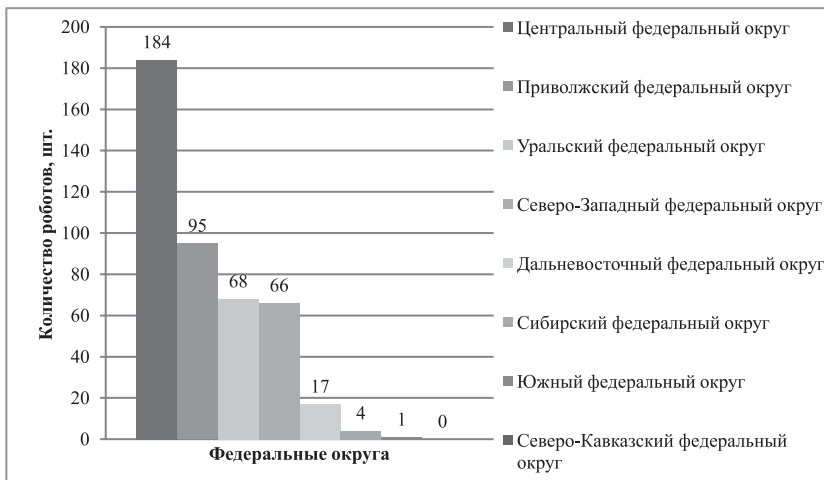
По данным Международной организации робототехники (IFR), по показателю плотности роботизации отечественное сельское хозяйство и экономика страны в целом существенно отстают не только от ведущих стран, но и от среднемировых значений. Так, по итогам 2017 года, плотность роботизации лидера в этой сфере деятельности — Южной Кореи, составила 631 робот на 10 тыс. работающих. При этом среднемировой показатель составил 74 робота на 10 тысяч работающих. В России этот показатель составляет лишь 3 робота на 10 тысяч работающих. Данный показатель целесообразно использовать в расчете на 10000 работников, занятых в сельском хозяйстве. Плотность роботизации сельского хозяйства по различным регионам позволит дать количественную и качественную оценку данного процесса. Это также позволит определить регионы, в которых роботизация аграрного сектора

осуществляется наиболее интенсивно, и регионы, где наблюдается технологическое отставание в данной сфере.

Результаты обработки запросов в региональные отделения Министерства сельского хозяйства РФ показали, что в организациях сельского хозяйства с 2006 по 2016 годы внедрено 435 единиц робототехники [26]. Подавляющее большинство применяемой в сельском хозяйстве России робототехники – это доильные роботы преимущественно европейских производителей. К наиболее известным производителям данной техники можно отнести DeLaval (Швеция), Lely (Голландия), Fullwood (Великобритания), GEA FarmTechnologies (Германия), SAC (Дания). В нескольких регионах применяются подравнители кормов. Следует заметить, что имеются и некоторые другие виды роботов, используемые в различных отраслях сельского хозяйства, однако они пока не получили широкого распространения в России [23].

Данные о внедрении робототехники в организациях сельского хозяйства по федеральным округам представлены на рисунке 7.

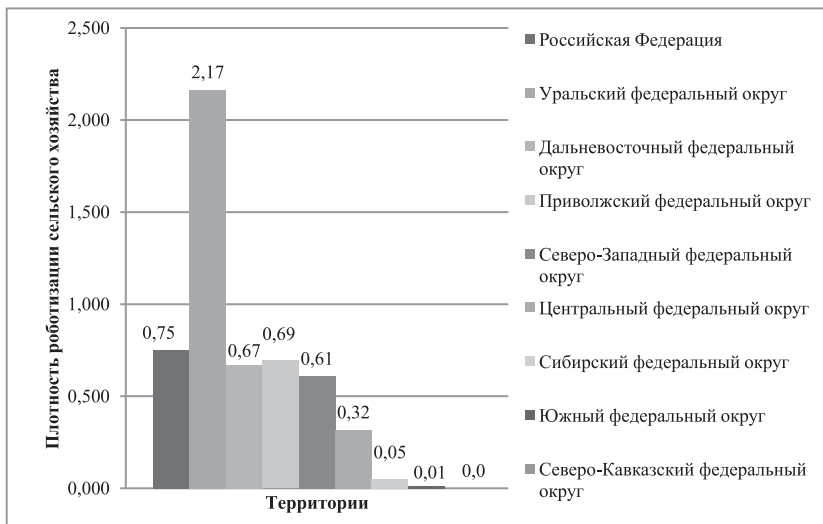
Как видно из рисунка, наибольшее количество единиц робототехники, используемой в организациях сельского хозяйства Российской Федерации, имеет место в Центральном федеральном округе (184 единицы). Здесь в нескольких регионах реализуются целевые мероприятия по роботизации организаций. Так, в Калужской области реализован проект по роботизации 100 ферм. Достаточно широко используется робототехника в организациях сельского хозяйства Приволжского (95 единиц), Северо-Западного (66 единиц) и Уральского (68 единиц) федеральных округов. Использование роботов практически не происходит в организациях сельского хозяйства Южного, Сибирского и Северо-Кавказского федеральных округов.



**Рисунок 7. Количество единиц робототехники в организациях сельского хозяйства РФ по федеральным округам**

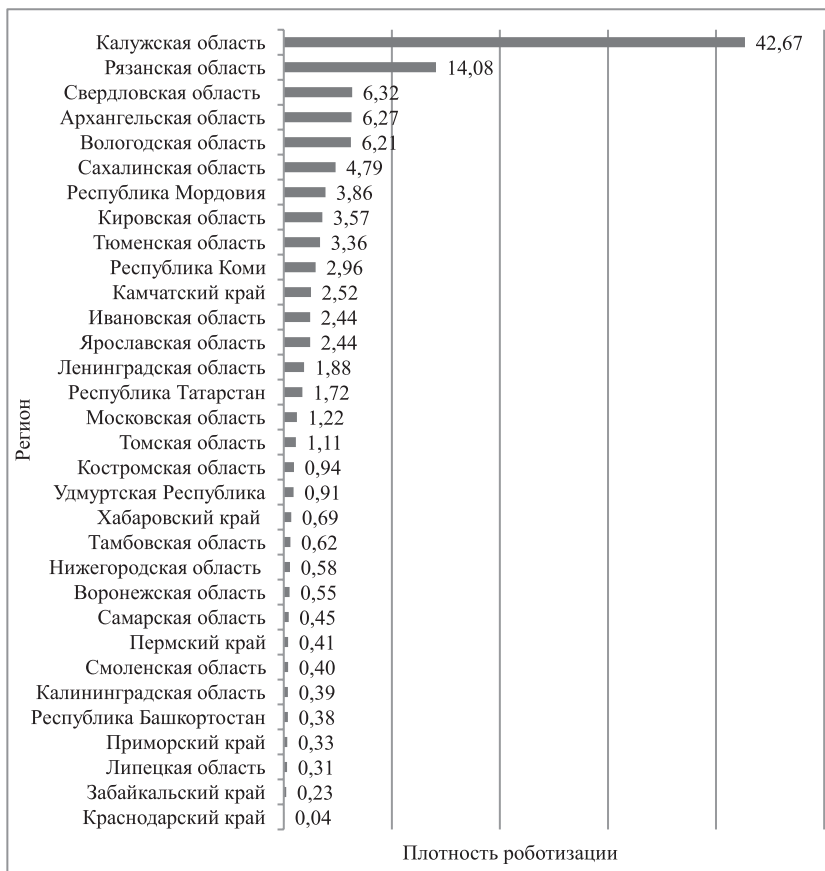
Данные о количестве роботов и численности занятых в сельском хозяйстве позволяют рассчитать плотность роботизации сельского хозяйства по РФ и федеральным округам (рисунок 8).

Из данных видно, что в среднем по России плотность роботизации сельского хозяйства составила 0,750 робота 10 тыс. работающих. Наибольшее значение данного показателя наблюдается в Уральском федеральном округе, что может быть связано с внедрением робототехники одновременно в нескольких регионах и низким количеством лиц, занятых в сельском хозяйстве. Высокое значение данного показателя наблюдается в Дальневосточном федеральном округе, что можно объяснить низкой численностью лиц, занятых в сельскохозяйственном производстве (рисунок 9).



**Рисунок 8. Плотность роботизации сельского хозяйства по РФ и федеральным округам**

Как видно из данных рисунка 9, наибольшая плотность роботизации наблюдается в Калужской области – 42,7 робота на 10 тыс. занятых в сельском хозяйстве. Это связано с тем, что в данном регионе прилагаются системные усилия по модернизации сельскохозяйственного производства. В частности, с 2014 года реализуется проект по роботизации 100 ферм. Это позволило 36 организациям сельского хозяйства области установить более 90 роботизированных доильных установок и несколько роботов – подравнителей кормов. Общий объем инвестиций на это из бюджета региона составил более 300 млн рублей. Высокая плотность роботизации организаций сельского хозяйства наблюдается в Рязанской области. В одном из хозяйств региона установлено более 30 доильных роботов, что сделало данную организацию крупнейшей по использованию роботов не только в РФ, но и во всем мире.



**Рисунок 9. Плотность роботизации сельского хозяйства регионов РФ, роботов на 10 тыс. занятых**

Реализация этого сложного с технической точки зрения проекта потребовала разработки дополнительного программного обеспечения. Существенную поддержку роботизация сельского хозяйства получает в Свердловской области, в которой плотность роботизации составила 6,32 робота на 10 тыс. занятых. Здесь робототехника внедряется в 15 организациях сельского хозяйства в самых

разных условиях хозяйствования. В Архангельской области плотность роботизации составила 6,27 работа на 10 тыс. занятых. При относительно невысокой численности занятых в сельском хозяйстве здесь используется 17 единиц робототехники. В Вологодской области внедрение доильных роботов было осуществлено впервые в РФ еще в 2006 году. В настоящее время здесь используется 28 единиц роботизированного оборудования, что делает регион одним из лидеров по плотности роботизации (6,21 работа на 10 тыс. занятых). В целом в сельском хозяйстве РФ используется 435 единиц роботизированного оборудования. В основном это доильные роботы зарубежного производства, применяются также и подравнители кормов или пушеры. Таким образом, плотность роботизации сельского хозяйства составляет 0,75 работа на 10 тыс. занятых [28].

В соответствии с методикой исследования были сделаны запросы и получены данные о количестве роботов, используемых в организациях сельского хозяйства [28]. Эти данные были дополнены информацией из сети Интернет о реализованных проектах роботизации ферм. Таким образом, была получена информация о количестве роботов в организациях сельского хозяйства Российской Федерации (таблица 5).

Региональные отделения Министерства сельского хозяйства и продовольствия предоставили данные об использовании 435 единиц применяемых роботов. Подавляющее большинство этих роботов используется при доении коров, небольшая часть роботов относится к так называемым роботам-подравнителям кормов. В целом по РФ плотность роботизации составила 0,750 работа на 10 тыс. занятых в сельском хозяйстве. В Центральном федеральном округе наблюдается наибольшее количество робото-



Таблица 5

**Количество роботов и плотность роботизации  
сельского хозяйства по округам РФ**

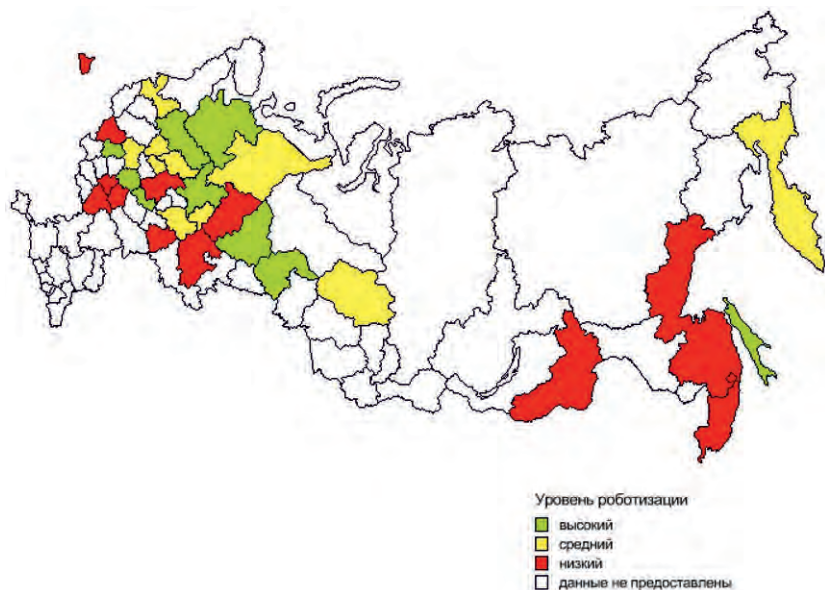
Федеральный округ	Количество роботов, шт.	Плотность роботизации, роботов на 10 тыс. занятых	Ранги по плотности роботизации
Российская Федерация	435	0,750	-
Центральный	184	0,317	5
Северо-Западный	66	0,609	4
Южный	1	0,011	6
Северо-Кавказский	0	0,000	8
Приволжский	95	0,693	2
Уральский	68	2,165	1
Сибирский	4	0,050	7
Дальневосточный	17	0,671	3

техники – 184 единицы. Однако по плотности роботизации этот округ занимает лишь пятое место, так как данный показатель составил 0,317 робота на 10 тыс. занятых. Это может быть связано с большим количеством занятых в сельском хозяйстве. В Приволжском федеральном округе применяется 95 единиц робототехники, при этом плотность роботизации составила 0,693 робота на 10 тыс. занятых. Это позволяет присвоить данному округу второй ранг по плотности роботизации. В Уральском федеральном округе применяется 68 единиц робототехники, в том числе используется несколько подравнителей кормов. При этом плотность роботизации сельского хозяйства составила 2,165 робота на 10 тыс. занятых, что позволяет присвоить данному округу первый ранг по плотности роботизации. В Северо-Западном федеральном округе при-

меняется 66 единиц робототехники, а плотность роботизации составила 0,609. Это выводит округ по данному показателю на четвертое место. В Дальневосточном федеральном округе применяется 17 единиц робототехники. Однако данный округ находится на третьем месте по плотности роботизации, которая составила 0,672 работа на 10 тыс. занятых. Остальные округа (Сибирский, Северо-Кавказский, Южный) находятся на 6–8-м местах по плотности роботизации, поскольку робототехника в сельском хозяйстве здесь практически не используется.

Представляется целесообразным провести ранжирование регионов РФ по уровню роботизации сельского хозяйства. К первой группе можно отнести регионы с высокой плотностью роботизации. В качестве критерия для отнесения к этой группе взята средняя плотность роботизации по регионам РФ, то есть свыше 3 роботов на 10 тыс. работающих. Ко второй группе можно отнести регионы со средней плотностью роботизации. К ним относим регионы с плотностью роботизации от 0,75 (средняя по сельскому хозяйству РФ) до 3,0 роботов (средняя по экономике РФ) на 10 тыс. работающих. К третьей группе относим регионы с низкой плотностью роботизации, которая составляет менее 0,75 работа 10 тыс. работающих. Наконец, к четвертой группе относятся регионы, где роботизация сельского хозяйства не осуществляется, или регионы, не предоставившие данные по внедрению этой техники в аграрное производство.

Информация по ранжированию регионов в зависимости от уровня роботизации сельского хозяйства позволяет их отобразить на карте (рисунок 10).



**Рисунок 10. Ранжирование регионов РФ по уровню роботизации сельского хозяйства**

В соответствии с данными рисунка к группе с высоким уровнем роботизации сельского хозяйства можно отнести 9 регионов. Это регионы, где плотность роботизации выше, чем среднем по экономике РФ (свыше 3,0 роботов на 10 тыс. работающих в отрасли). К ним относим области: Калужскую (42,7), Рязанскую (14,08), Свердловскую (6,32), Архангельскую (6,27), Вологодскую (6,21), Сахалинскую (4,8), Республику Мордовию (3,9), Кировскую область (3,57), Тюменскую область (3,4). К группе со средним уровнем роботизации сельского хозяйства (плотность роботизации от 0,75 до 3,0) можно отнести 10 регионов: это Республика Коми (2,956), Камчатский край (2,516), Ивановская область (2,439), Ярославская область (2,439), Ленинградская область (1,882), Республика Татарстан (1,718), Московская область (1,225), Томская

область (1,111), Костромская область (0,939), Удмуртская Республика (0,909). К третьей группе следует отнести регионы с низким уровнем роботизации сельского хозяйства с плотностью роботизации менее 0,75 работа на 10 тыс. занятых. К ним относятся 10 регионов, в том числе Хабаровский край (0,69) Тамбовская область (0,62), Нижегородская область (0,58), Воронежская область (0,55), Самарская область (0,45), Пермский край (0,41), Смоленская область (0,40), Калининградская область (0,39), Республика Башкортостан (0,38), Приморский край (0,33), Липецкая область (0,31), Забайкальский край (0,23), Краснодарский край (0,04). Четвертая группа включает регионы, которые не предоставили данные об использовании робототехники в сельском хозяйстве и по которым отсутствуют данные в сети Интернет о применении этой техники в сельском хозяйстве.

Результаты ранжирования регионов по плотности роботизации могут быть использованы при разработке теоретических и методологических рекомендаций пространственного развития роботизации сельского хозяйства. Они могут быть использованы при проведении комплексного анализа факторов, влияющих на внедрение робототехники в аграрный сектор экономики сельских территорий в условиях дефицита кадров. Данные о плотности роботизации в РФ и ее регионах позволят выявить новые закономерности пространственного развития роботизации сельских территорий в зависимости от разных признаков. Этими признаками являются: обеспеченность инфраструктурой, удаленность от крупных городов, доля сельского населения и др. Также результаты исследования позволят выявить факторы, препятствующие роботизации аграрного сектора экономики, сельских территорий, и разработать рекомендации по снижению их влияния.

### 3. ПОКАЗАТЕЛИ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РОБОТИЗАЦИЮ ОТРАСЛИ

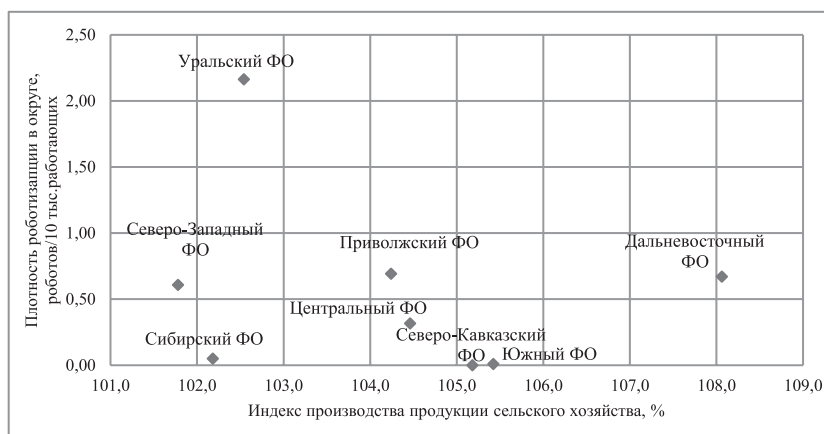
**Д**испропорции в деятельности по внедрению и использованию роботов в сельском хозяйстве актуализирует, как уже было отмечено, необходимость анализа территориальных закономерностей роботизации отрасли. Важную информацию о территориальных закономерностях роботизации сельского хозяйства может дать анализ динамики производства продукции сельского хозяйства в регионах (таблица 6).

Таблица 6

#### **Индекс производства продукции сельского хозяйства в сопоставимых ценах, %**

Федеральные округа	2013	2014	2015	2016	2017	В среднем за период
Российская Федерация	105,8	103,5	103,5	104,8	103,1	104,14
Центральный	106,3	104,4	104,4	103,7	103,5	104,46
Северо-Западный	99,9	104,7	104,7	101,1	98,5	101,78
Южный	104,6	105,2	105,2	108,6	103,5	105,42
Северо-Кавказский	110,1	104,2	104,2	105,9	101,5	105,18
Приволжский	104,2	104,2	104,2	105,8	102,8	104,24
Уральский	108,3	99,9	99,9	101,1	103,5	102,54
Сибирский	111,8	96,6	96,6	103,8	102,1	102,18
Дальневосточный	89,8	119,8	119,8	99,6	111,3	108,06

Данные анализа свидетельствуют о росте производства продукции сельского хозяйства РФ (в сопоставимых ценах) на 4,14% за рассматриваемый период. При этом наибольший рост производства наблюдается в Дальневосточном ФО – 8,06%, наименьший – в Северо-Западном ФО – 1,8%. Данные о плотности роботизации и индекса производства продукции сельского хозяйства в сопоставимых ценах по федеральным округам представлены на рисунке 11.



**Рисунок 11. Плотность роботизации и индекс производства продукции сельского хозяйства\* по федеральным округам**

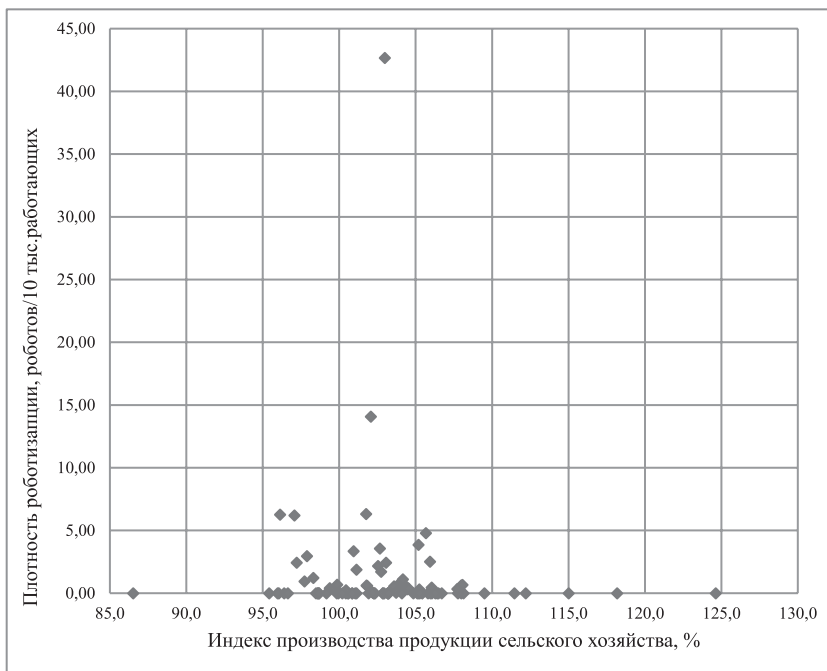
**\* стоимостные показатели приведены в сопоставимых ценах в среднем за 2013–2017 гг., %**

Как видно из данных рисунка, в федеральных округах с низкими значениями индекса производства продукции сельского хозяйства наблюдаются значительные различия округов по плотности роботизации. Так, в Уральском ФО наблюдается высокая плотность роботизации (2,16), а в Сибирском ФО она практически нулевая (0,05). В федеральных округах со средними значениями индекса про-

изводства продукции сельского хозяйства также имеются определенные диспропорции в темпах роботизации. Так, в Северо-Кавказском и Южном федеральных округах плотность роботизации близка к нулевым показателям, а в Центральном и Приволжском ФО она имеет средние значения. В Дальневосточном ФО с наибольшим индексом производства продукции сельского хозяйства плотность роботизации имеет среднее значение. Таким образом, анализ по федеральным округам не позволяет сделать однозначные выводы о наличии какой либо зависимости, что вызывает необходимость проведения такого анализа по регионам (рисунок 12).

В соответствии с представленными данными можно выделить четыре группы регионов в зависимости от плотности роботизации сельского хозяйства. Первая группа регионов – с относительно высокой плотностью роботизации сельского хозяйства, к ней относим регионы, в которых используются от 3,0 и более роботов на 10 тысяч занятых в отрасли. В данной группе насчитывается 9 регионов. Наибольшая плотность роботизации сельского хозяйства наблюдается в Калужской области, где имеется 47,2 работа на 10 тысяч работающих. Для этой группы регионов характерно относительно невысокое значение (101,6%) среднегодовых индексов прироста производства продукции сельского хозяйства.

Вторая группа регионов – со средними значениями плотности роботизации сельского хозяйства (от 1,0 до 3,0 работа на 10 тысяч работающих), в этой группе насчитывается 8 регионов. Наибольшая плотность роботизации сельского хозяйства в этой группе наблюдается в Республике Коми, она составляет 2,96 работа на 10 тысяч работающих. Для данной группы регионов также характерно относительно невысокое значение (101,3%) индекса производства продукции сельского хозяйства.



**Рисунок 12. Плотность роботизации сельского хозяйства и индекс производства продукции сельского хозяйства\* по регионам**

**\* Стоимостные показатели приведены в сопоставимых ценах в среднем за 2013–2017 годы, %**

Третья группа регионов – с низкими значениями плотности роботизации сельского хозяйства (от 0 до 1,0 робота на 10 тысяч работающих). В данной группе насчитывается 16 регионов, при этом среднегодовой индекс производства продукции сельского хозяйства в ней составил 96,6%.

В четвертой группе регионов робототехника в сельскохозяйственном производстве не применялась. Это наиболее многочисленная группа, насчитывающая 52 региона, в которой имеются значительные различия в индексе



производства продукции сельского хозяйства. В ней наибольший среднегодовой прирост производства продукции сельского хозяйства наблюдался в Амурской (124,6%) и Псковской (118,2%) областях. Самый низкий среднегодовой индекс прироста производства продукции сельского хозяйства наблюдался в Мурманской области (86,5%). При этом среднегодовой индекс производства продукции сельского хозяйства в данной группе регионов составил 107,3%.

Таким образом, анализ темпов роботизации и прироста производства продукции сельского хозяйства показывает на обратную зависимость между ними. С одной стороны, в группе регионов с высокой плотностью роботизации наблюдаются средние темпы прироста производства продукции сельского хозяйства. С другой стороны, в регионах, где не используется робототехника, наблюдаются наиболее существенные темпы прироста производства продукции сельского хозяйства. Объяснение этому может заключаться в том, что в настоящее время лишь незначительная доля продукции сельского хозяйства производится с использованием робототехники. Так, наиболее распространенным видом применяемой робототехники являются доильные роботы. При средней норме обслуживания одним роботом порядка 60 голов общее поголовье коров, обслуживаемых доильными роботами, составляет 26100, или 0,3% от общего поголовья. Таким образом, на современном этапе роботизация сельского хозяйства не оказывает значительного влияния на темпы сельскохозяйственного производства, главным образом из-за низких темпов роботизации аграрного сектора экономики.

Является целесообразным выполнение анализа зависимости между роботизацией отрасли и долей сельского хозяйства в ВВП регионов. Данные о валовой продукции

сельского хозяйства в РФ и ее федеральных округах представлены в таблице 7.

Средние значения прироста валовой продукции сельского хозяйства наблюдаются в Северо-Западном федеральном округе (20,8%), Дальневосточном (20,6%). Относительно невысокий прирост валовой продукции сельского хозяйства наблюдался в Приволжском федеральном округе (18,2%), Уральском (15,2%) и Сибирском (9,9%). Таким образом, можно отметить прирост производства валовой продукции сельского хозяйства по всем федеральным округам.

Доля сельского хозяйства, охоты и лесного хозяйства в валовой добавленной стоимости в ВВП федеральных округов представлена в таблице 7.

Таблица 7

**Доля сельского хозяйства, охоты и лесного хозяйства  
в валовой добавленной стоимости\***

Федеральный округ	2013	2014	2015	2016	В среднем за период, %
Российская Федерация	4,2	4,8	5,2	5,1	4,8
Центральный	2,8	3,3	3,7	3,4	3,3
Северо-Западный	2,1	2,5	2,6	2,3	2,4
Южный	9,8	10,8	12,8	13,6	11,8
Северо-Кавказский	13,4	14	15,6	16,4	14,9
Приволжский	6,2	7,1	7,7	7,7	7,2
Уральский	2,1	2,1	2,3	2,2	2,2
Сибирский	5,8	5,9	6,3	6,2	6,1
Дальневосточный	3,2	3,5	3,4	3,4	3,4

\* В текущих основных ценах; в процентах к итогу по данным Росстата

Как видно из данных таблицы, в целом по стране доля сельского хозяйства, охоты и лесного хозяйства в валовой

**Валовая продукция сельского хозяйства в РФ и ее федеральных округах,  
в хозяйствах всех категорий (в фактических ценах; млн. рублей)\***

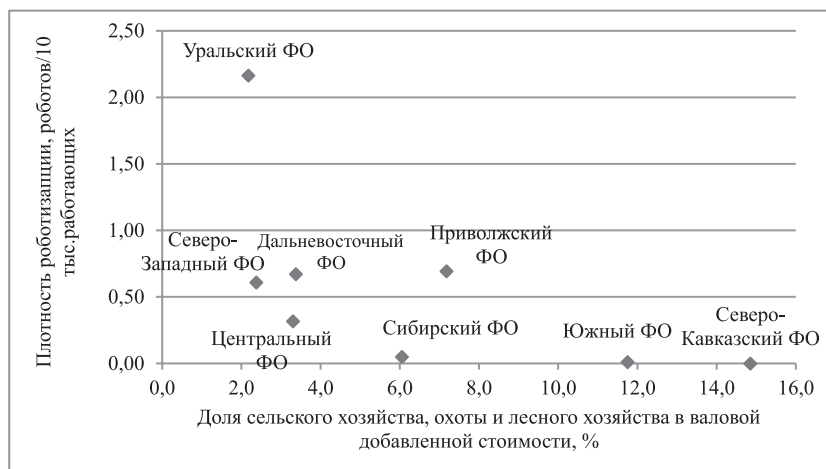
Федеральный округ	2014	2015	2016	2017	2018	2019**	2019 к 2014, %
Российская Федерация	4805377	5102309	5058732	5362399	5119756	5907955	122,9
Центральный	1265438	1307146	1302579	1467970	1382250	1654966	130,8
Северо-Западный	226562	226717	225141	246946	245794	273583	120,8
Южный	811567	899190	891719	903939	857378	1033328	127,3
Северо-Кавказский	384914	428068	436751	461495	449470	493569	128,2
Приволжский	1113851	1204827	1194371	1191875	1138373	1316936	118,2
Уральский	302131	315695	293847	334469	318823	347969	115,2
Сибирский	536494	570364	554665	573096	532728	589339	109,9
Дальневосточный	164420	150302	159659	182609	194937	198264	120,6

\* по данным Росстата;

\*\* предварительные данные

добавленной стоимости за анализируемый период составила 4,8%. При этом выделяются федеральные округа с развитым сельским хозяйством. К ним относятся Южный федеральный округ (11,8% от валовой добавленной стоимости) и Северо-Кавказский федеральный округ (14,9% от валовой добавленной стоимости). Низкие доли сельского хозяйства, охоты и лесного хозяйства наблюдаются в Уральском федеральном округе (2,2%), Северо-Западном (2,4%), Центральном (3,3%). Эти округа отличаются развитой промышленностью. Низкая доля сельского хозяйства, охоты и лесного хозяйства наблюдается в Дальневосточном федеральном округе (3,4%) с его низким по сравнению с югом РФ биоклиматическим потенциалом.

Данные о соотношении плотности роботизации отрасли и доли сельского хозяйства в ВВП федеральных округах представлены на рисунке 13.



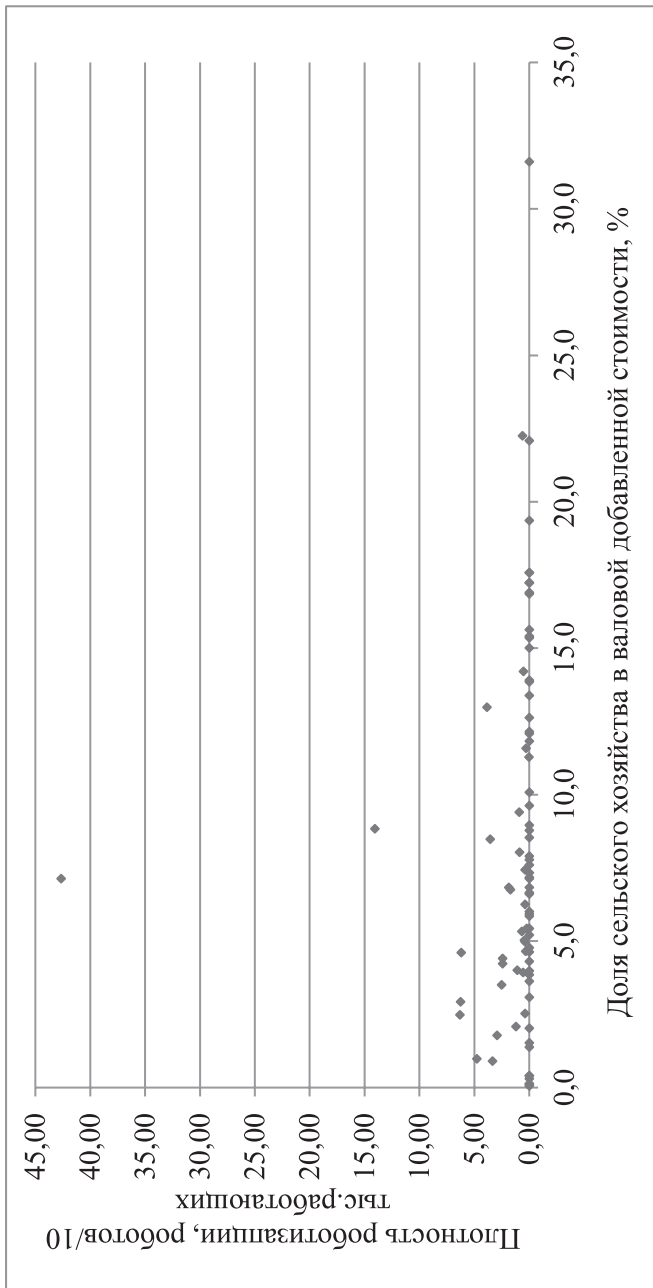
**Рисунок 13. Плотность роботизации и доля сельского хозяйства, охоты и лесного хозяйства в ВВП\*, по федеральным округам**

\* В текущих основных ценах в среднем за 2013–2016 годы, % по данным Росстата

Как видно из данных рисунка, выделяется группа округов, которую характеризуют относительно высокая плотность роботизации сельского хозяйства и низкая доля сельского хозяйства в валовой добавленной стоимости. К ним относятся Уральский, Северо-Западный и Центральный федеральные округа. К другой группе округов со средними значениями доли сельского хозяйства в валовой добавленной стоимости относятся Приволжский и Сибирский федеральные округа. Причем в этой группе наблюдаются как относительно высокие (0,69 в Приволжском ФО), так и низкие (0,05 в Сибирском ФО) значения плотности роботизации сельского хозяйства. Федеральные округа с высокими долями сельского хозяйства в валовой добавленной стоимости имеют нулевые значения плотности роботизации, что подтверждает выдвинутую гипотезу.

Данные о плотности роботизации отрасли и доли сельского хозяйства регионов в ВВП регионов представлены на рисунке 14.

Согласно данным анализа можно выделить три группы регионов, характеризующие зависимость роботизации сельского хозяйства от доли отрасли в валовой добавленной стоимости. Так, к первой группе можно отнести регионы с долей сельского хозяйства менее 5% в валовой добавленной стоимости. К ним относятся крупные городские агломерации, в том числе городов Москва и Севастополь, регионы с развитой промышленностью и специализирующиеся на добыче полезных ископаемых, а также регионы с неблагоприятными условиями для ведения сельского хозяйства, находящиеся на севере европейской части страны и на Дальнем Востоке. К ним можно отнести 31 регион, при этом средняя плотность роботизации сельского хозяйства по этой группе регионов составила 1,35 работа на 10 тысяч работающих. Ко второй группе можно отне-



**Рисунок 14. Плотность роботизации сельского хозяйства и доля сельского хозяйства в ВВП регионов\***

\* В текущих основных ценах в среднем за 2013–2016 годы по данным Росстата

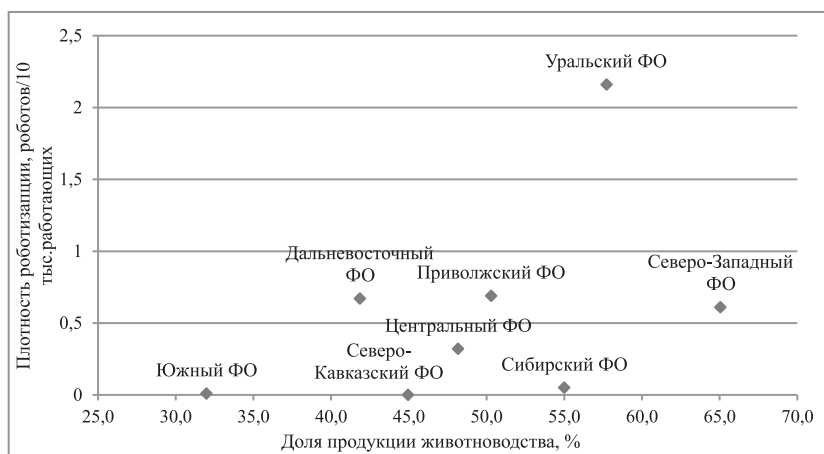
сти регионы с долей сельского хозяйства в валовой добавленной стоимости от 5 до 10%. Это в основном регионы центра европейской части страны, юга Сибири и Дальнего Востока. К ним можно отнести 29 регионов, средняя плотность роботизации сельского хозяйства в которых составила 2,33 работа на 10 тысяч работающих. К третьей группе можно отнести регионы с долей сельского хозяйства в валовой добавленной стоимости свыше 10%. Это в основном регионы с благоприятными условиями для ведения сельского хозяйства юга европейской части РФ и Северного Кавказа. К ним можно отнести 25 регионов, средняя плотность роботизации сельского хозяйства которых составила 0,21 работа на 10 тысяч работающих. Таким образом, наблюдается снижение плотности роботизации с увеличением доли сельского хозяйства в валовой добавленной стоимости. При этом регионы с высокой долей сельского хозяйства практически не используют робототехнику в аграрном производстве.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что в регионах с низкой долей сельского хозяйства наблюдаются более высокие значения плотности роботизации аграрного производства. Это может быть связано с оттоком рабочей силы из сельского хозяйства в более высокооплачиваемые сектора экономики, что, в свою очередь, вызывает необходимость роботизации аграрного производства.

Важную роль в роботизации играет специализация организаций сельского хозяйства. Дело в том, что в настоящее время наибольшее коммерческое распространение получила робототехника для животноводства. Это связано с тем, в животноводческих помещениях создаются относительно стабильные параметры окружающей среды, в том числе температура, влажность, освещённость и т.д., что создает условия для применения роботов. При-

менение робототехники в растениеводстве затрудняется из-за необходимости движения роботов по пересеченной местности, ориентации их в пространстве, необходимости работать с большим количеством неоткалиброванных объектов (плодов, деревьев и т.д.). В связи с этим предполагаем, что с повышением доли продукции животноводства в общем объеме производства продукции сельского хозяйства плотность роботизации должна повышаться, что требует дальнейшего исследования.

Зависимость плотности роботизации сельского хозяйства от доли продукции животноводства в общем объеме производства продукции по федеральным округам представлена в рисунке 15.



**Рисунок 15 – Плотность роботизации сельского хозяйства и доля продукции животноводства\*, по федеральным округам**

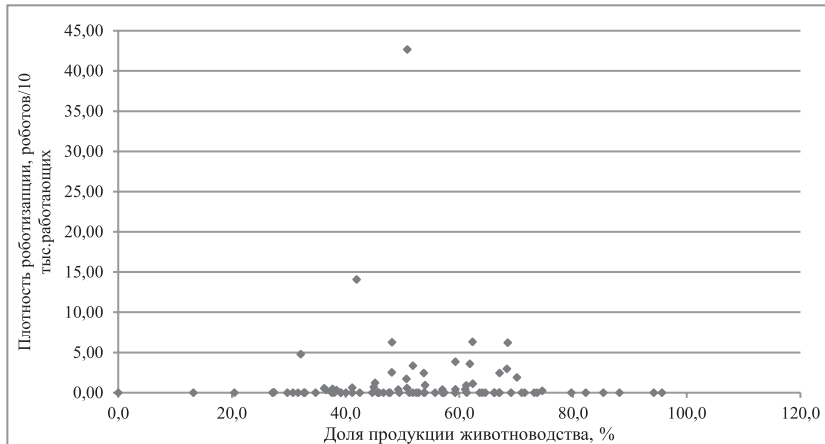
**\* В среднем за 2013–2017 годы по данным Росстата**

Данные анализа показывают наличие трех федеральных округов с долей продукции животноводства менее 45% в общем объеме производства продукции отрасли.



При этом в двух округах плотность роботизации сельского хозяйства практически нулевая, а в Дальневосточном ФО отмечается средний уровень плотности роботизации. Можно выделить также четыре федеральных округа со средней долей продукции животноводства в общем объеме ее производства, при этом плотность роботизации в них существенно колеблется. Так, В Уральском ФО высокая плотность роботизации (2,16), а в Сибирском ФО роботы практически не используются (0,05 робота на 10 тыс. занятых). Наибольшая доля продукции животноводства в объеме производства наблюдается в Северо-Западном ФО, при этом здесь плотность роботизации составляет 0,61 робота на 10 тыс. занятых.

Данные о плотности роботизации отрасли по регионам и доле продукции животноводства в общем объеме продукции сельского хозяйства проставлены на рисунке 16.



**Рисунок 16 – Плотность роботизации сельского хозяйства и доля продукции животноводства в общем объеме производства по регионам**

**\* В % в среднем за 2013 – 2017 годы, по данным Росстата**

В соответствии с приведенными данными можно выделить несколько групп регионов. К первой группе можно отнести регионы с долей продукции животноводства в общем объеме производства менее 45%. К ним можно отнести 28 регионов, специализирующихся (с высокой или углубленной специализацией) на продукции растениеводства. К ним можно отнести значительную часть регионов Южного федерального округа, ряд регионов Центрального федерального округа, Курганскую область (на Урале), а также южные регионы Дальнего Востока. Следует отметить, что плотность роботизации сельского хозяйства в этой группе составляет 0,78 роботов на 10 тыс. работающих в отрасли.

Ко второй группе следует отнести регионы с долей продукции животноводства от 45 до 65%, или средней специализацией по производству животноводческой продукции. К их числу можно отнести 37 регионов, в том числе значительную часть регионов Приволжского, Уральского и Сибирского федеральных округов, часть регионов центральной России и Северного Кавказа. Плотность роботизации сельского хозяйства данной группы регионов составляет 2,03 робота на 10 тыс. работающих в отрасли.

К третьей группе следует отнести регионы с высокой и углубленной специализацией в производстве продукции животноводства, доля которых превышает 65%. В этой группе насчитывается 20 регионов, в том числе Республика Калмыкия (83,1%), Чукотский (94,2%), Ямало-Ненецкий (95,6%), и Ненецкий (88,3%) автономные округа, Республика Тыва (82,2%). Данная группа регионов характеризуется невысокой плотностью роботизации сельского хозяйства — 0,69% роботов на 10 тыс. занятых в отрасли.

Низкая плотность роботизации в регионах с высокой специализацией сельского хозяйства на производстве про-

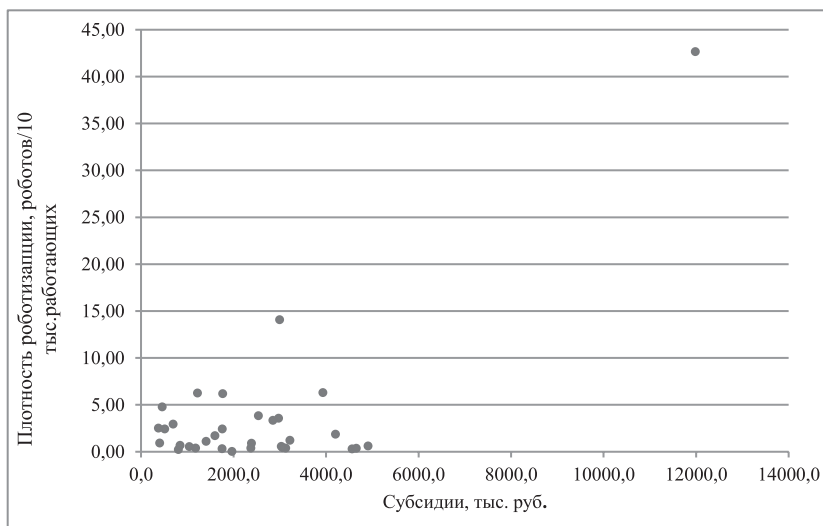
дукции животноводстве может быть объяснена преобладанием в них пастбищного содержания животных. Это характерно для таких регионов, как Чукотский АО, Республика Калмыкия, Ямало-Ненецкий АО и ряда других. В этих регионах применение робототехники затрудняется, так как в настоящее время имеются коммерческие предложения роботов для использования в основном в помещениях.

Одним из основных показателей, характеризующих состояние и развитие отрасли, является валовая продукция сельского хозяйства, которая может быть рассчитана в фактических ценах. В целом по РФ валовая продукция сельского хозяйства за 2014–2019 годы возросла на 22,9% и составила почти 5908 млрд рублей. Наибольший прирост валовой продукции (30,8%) наблюдается в Центральном федеральном округе. Значительное увеличение производства валовой продукции отмечается в Северо-Кавказском федеральном округе (28,2%) и Южном федеральном округе (27,3%) (таблица 8).

Важное значение для инновационного развития сельского хозяйства имеет государственная поддержка (рисунок 17).

В соответствии с данными рисунка 17, в 11 регионах из числа обследованных уровень государственной поддержки составил менее 1500 млн рублей в среднем за 2013–2017 годы. При этом средняя плотность роботизации по этой группе регионов составила 1,6 робота на 10 тысяч занятых в отрасли. В 12 регионах уровень государственной поддержки составил от 1500 до 3000 млн рублей за исследуемый период. Средняя плотность роботизации по этой группе регионов составила 3,4 робота на 10 тысяч занятых в отрасли. В 10 регионах уровень государственной поддержки составил более 3000 тыс. рублей за исследуемый

период. Средняя плотность роботизации по этой группе составляет 5,5 работа на 10 тысяч занятых в отрасли. Вместе с тем следует отметить необходимость усиления государственной поддержки внедрения робототехники, поскольку она отличается существенной капиталоемкостью.



**Рисунок 17. Плотность роботизации сельского хозяйства и величина субсидии\***

\* По данным Минсельхоза в среднем за 2013–2017 годы

Можно рассчитать коэффициенты корреляции между различными показателями, характеризующими роботизацию сельского хозяйства (таблица 11).

Средний уровень корреляции выявляется между валовой продукцией сельского хозяйства и количеством внедренных роботов (0,63). Это означает, что чем выше объем произведенной продукции по рассматриваемой группе регионов, тем выше количество используемых роботов. Высокий уровень корреляции выявляется между произво-

длительностью труда в сельском хозяйстве и количеством внедренных роботов (0,78). Это говорит о том, что чем выше производительность труда в регионе, тем больше в нем количество используемой робототехники. Таким образом, наблюдается отрицательная корреляция между валовой продукцией сельского хозяйства и количеством внедренных роботов (-0,302). Слабая положительная корреляционная зависимость имеется между производительностью труда в сельском хозяйстве и количеством внедренных роботов (0,289).

Таблица 11

**Результаты корреляции различных характеристик регионов\***

Показатель	Количество роботов	Плотность роботизации
Валовая продукция сельского хозяйства	0,63	-0,302
Производительность труда в сельском хозяйстве	0,78	0,289

Имеется существенная (коэффициент корреляции 0,74) взаимосвязь между уровнем государственной поддержки сельского хозяйства регионов и плотностью роботизации. Это может быть обусловлено тем, что вся используемая робототехника импортного производства. В связи с интенсивным ростом курса валют начиная с 2014 года наблюдается резкий рост стоимости данной техники. В этих условиях приобретение фермерами робототехники возможно только при условии субсидирования части стоимости за счет государственной поддержки.

## 4. ВЛИЯНИЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА РОБОТИЗАЦИЮ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

**В** соответствии с оценками Минсельхоза России «использование цифровых технологий в АПК позволяет повысить рентабельность сельхозпроизводства за счет точечной оптимизации затрат и более эффективного распределения средств. Внедрение цифровой экономики позволяет снизить расходы не менее чем на 23% при внедрении комплексного подхода» [41]. По оценкам экспертов, суммарный экономический эффект от цифровизации сельского хозяйства России может составить более 4,8 трлн рублей в годовом выражении, или 5,6% от прироста ВВП. Цифровые технологии способствуют решению проблем, которые препятствуют доступу на рынки фермеров, способствуют накоплению знаний о состоянии производственной сферы, открывают новые пути совершенствования управления цепочками поставок сельскохозяйственной продукции. Однако темпы внедрения цифровых технологий, в частности роботизации, сельского хозяйства являются низкими.

В результате этого в настоящее время использование роботов в сельском хозяйстве осуществляется далеко не во всех регионах. Так, в Калужской области реализован проект 100 роботизированных ферм, в Свердловской области внедрение робототехники осуществили более 15 хозяйств. Однако большинство регионов ориентируется на традиционные технологии, несмотря на высокие показатели, достигаемые применением робототехники в сельском хозяйстве. По нашему мнению, недостаточная их инфра-

структурная обеспеченность и низкий уровень субсидий являются сдерживающими факторами внедрения робототехники во многих регионах.

Существенная неравномерность процесса роботизации аграрного сектора экономики по территории страны связана с региональными особенностями и конкретными характеристиками сельского хозяйства регионов. В этих условиях необходим поиск новых универсальных закономерностей, учет которых позволит повысить эффективность роботизации сельского хозяйства. Роботизация в сельских территориях может осуществляться лишь с учетом региональных особенностей, в том числе наличия развитой инфраструктуры, дорог с твердым покрытием, современных средств связи. Внедрение робототехники в отрасли связано и с объемом государственной поддержки сельского хозяйства регионов.

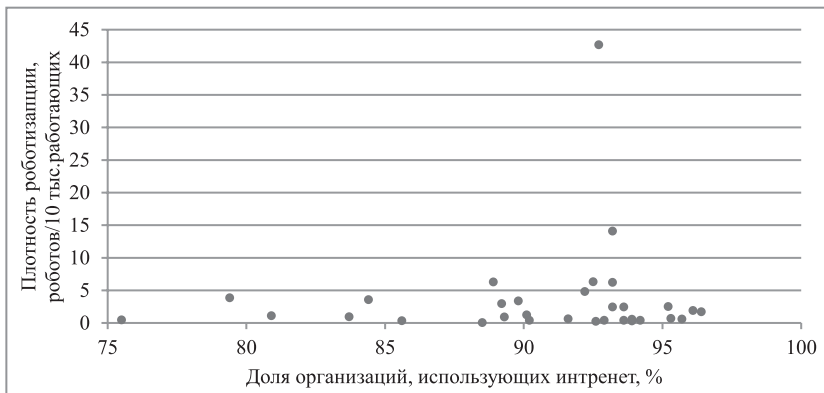
Следует заметить, что применение робототехники в сельском хозяйстве РФ имеет весьма широкую географию. К примеру, на востоке страны данное оборудование используется на Камчатке и в Сахалинской области. На западе страны робототехника применяется при доении коров в Калининградской области. На севере роботы используются в Архангельской области, на юге страны — в Краснодарском крае. При этом имеется существенная неравномерность в роботизации сельского хозяйства по регионам. В ряде субъектов РФ роботы в аграрном производстве не используются, несмотря на развитое сельское хозяйство и высокую эффективность применения данного оборудования. При этом в нашей стране робототехника в сельскохозяйственном производстве используется лишь в 29 субъектах Федерации. Это вызывает необходимость анализа и исправления сложившегося положения.

Одна из гипотез исследования состоит в том, что внедрение робототехники связано с распространением сети Интернет, использование которой является необходимым условием ведения хозяйственной деятельности и применения данной техники. Дело в том, что современная робототехника, в том числе используемая в доении, может функционировать с большей эффективностью по сравнению с автономной версией, в условиях обмена данными с обслуживающим центром. Взаимодействие с данным центром посредством сети Интернет необходимо для обновления программного обеспечения, удаленного сервисного обслуживания и управления роботом, сбора данных о надоях, двигательной активности и здоровье животных и других целей. К примеру, программа управления фермой Lely T4C посредством адаптивного кормления животных позволяет сократить затраты на корма. Предполагается, что наличие сети Интернет, особенно с широкополосным доступом, является необходимым условием внедрения робототехники. Хотя и, как было установлено в результате исследований, возраст, уровень образования и дохода, вид сельскохозяйственной деятельности и местоположение фермы также являются значимыми детерминантами для использования персонального компьютера и Интернета [43]. Очевидно, в регионах с высокой доступностью сети Интернет будет активно внедряться робототехника.

На рисунке 18 приведены данные о плотности роботизации сельского хозяйства и доле организаций, использующих Интернет.

Сеть Интернет используется в сельском хозяйстве для хранения, обработки и передачи информации. При этом наблюдается положительное влияние мобильной широкополосной связи на предпринимательскую активность [45]. В соответствии с данными Росстата практически во



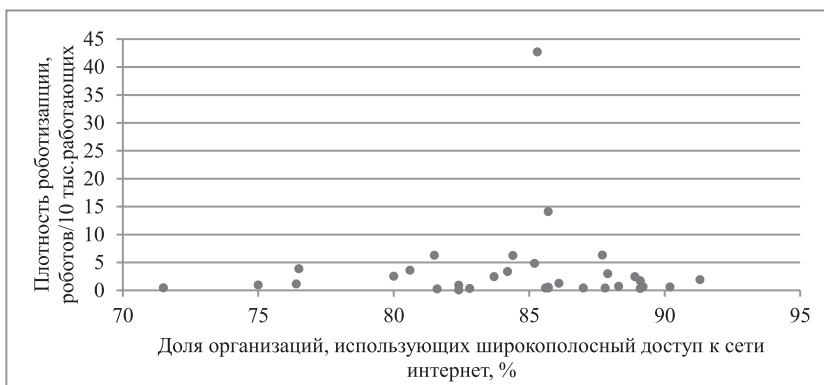


**Рисунок 18. Плотность роботизации сельского хозяйства и доля организаций, использующих интернет\*, по регионам**  
**\*По данным Росстата в среднем за 2015–2018 годы**

всех регионах страны доля организаций, использующих Интернет, превышает 75%, при этом широкополосный доступ используют более 70% организаций. Наименьшие показатели использования сети Интернет имеют Самарская область (75,5%), Республика Дагестан (77%) и город Севастополь (76,5%). В то же время в ряде регионов Интернет используется подавляющим большинством организаций. Так, в Республике Татарстан сеть Интернет используют 96,5% организаций, в городе Москва – 99,1%, в Республике Ингушетия – 100%, по данным Росстата. Из данных рисунка 18 видно, что в 21 регионе (65,5%), где организации сельского хозяйства применяют робототехнику, Интернет используют свыше 90% организаций. В девяти регионах доля организаций, использующих сеть, составляет от 80 до 90%. При этом лишь в двух регионах из общего количества доля организаций, использующих Интернет, составляет менее 80%. Коэффициент корреляции плотности роботизации сельского хозяйства и доли организаций,

использующих Интернет, составляет 0,10. То есть значительного влияния использования Интернета на роботизацию сельского хозяйства регионов пока не выявляется.

Широкополосный доступ к сети Интернет отличается высокой скоростью передачи данных. По оценкам экспертов, проникновение высокоскоростного Интернета на сельские территории составляет лишь 55%, так как прокладка оптоволоконного кабеля в отдаленные населенные пункты – весьма затратное мероприятие. В этих условиях организации сельского хозяйства могут использовать мобильный Интернет с применением 3G и 4G модемов, но их применение обеспечивает нестабильный интернет в плохую погоду и в часы пиковой нагрузки на сеть. Мобильный Интернет считается одним из самых важных достижений в области информационных и коммуникационных технологий, поскольку он оказывает значительное влияние как на экономику, так и на повседневную жизнь. Кроме того, мобильный Интернет является важным инструментом для преодоления цифрового разрыва между городскими и сельскими территориями. В сельскохозяйственном производстве мобильный Интернет может играть центральную роль в сборе информации, а также во внедрении точных и интеллектуальных сельскохозяйственных технологий, в том числе робототехники. Тем не менее, ни одно исследование не выявило детерминанты внедрения мобильного Интернета в сельском хозяйстве [89]. В некоторых случаях для получения надежного сигнала сети фермерам приходится использовать более дорогой, но надежный спутниковый Интернет. Проанализируем плотность роботизации сельского хозяйства и доли организаций, использующих широкополосный доступ к сети Интернет (рисунок 19).



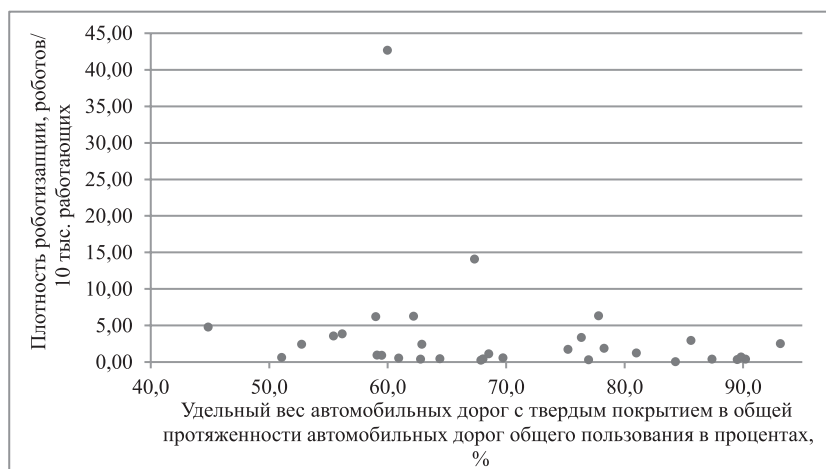
**Рисунок 19. Плотность роботизации сельского хозяйства и доля организаций, использующих широкополосный доступ к сети Интернет\***

**\* По данным Росстата в среднем за 2015–2018 годы**

Из данных рисунка видно, что наиболее многочисленную группу (81,6 % от общего их количества) составляют регионы, в которых от 80 до 90% организаций используют широкополосный доступ к сети Интернет. При этом имеются лишь 4 региона с долей организаций, использующих широкополосный доступ к сети Интернет менее 80%. Также можно отметить 2 региона с высокой (более 90%) долей организаций, использующих широкополосный доступ к сети. Коэффициент корреляции плотности роботизации сельского хозяйства с долей организаций, использующих широкополосный доступ к сети Интернет, составляет пока лишь 0,04.

В современных условиях большое значение для роботизации сельского хозяйства и сельских территорий имеет обеспеченность регионов развитой дорожной инфраструктурой, в частности автомобильными дорогами с твердым покрытием. Дело в том, что наличие таких дорог позволяет своевременно проводить сервисное обслуживание та-

кого дорогостоящего оборудования, как доильный робот или робот – подравнитель кормов. Так, зачастую фермеры не могут самостоятельно исправить поломку или провести техническое обслуживание роботов. При этом длительный простой робототехники может привести к значительным убыткам. В странах с развитым сельским хозяйством негласным стандартом является оказание технической помощи в течение двух часов с момента поломки такого оборудования. Наиболее распространенным показателем, характеризующим развитие дорожной инфраструктуры, является удельный вес автомобильных дорог с твердым покрытием в общей протяженности автомобильных дорог общего пользования (рисунок 20).



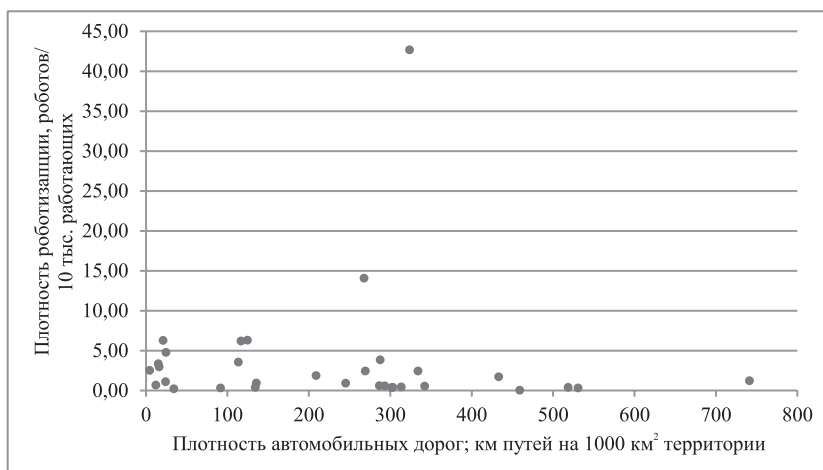
**Рисунок 20. Плотность роботизации сельского хозяйства и удельный вес автомобильных дорог с твердым покрытием в общей протяженности автомобильных дорог общего пользования в процентах\***

**\* По данным Росстата в среднем за 2015–2018 годы**

В соответствии с данными рисунка можно выделить следующие группы регионов. К первой группе следует отнести регионы с удельным весом автомобильных дорог с твердым покрытием в общей протяженности автомобильных дорог общего пользования менее 60%. В этой группе насчитывается 8 регионов, среди которых Вологодская, Костромская и Кировская области. При этом средняя плотность роботизации сельского хозяйства по этой группе составляет 2,9 работа на 10 тысяч занятых в отрасли. Ко второй группе можно отнести регионы с удельным весом автомобильных дорог с твердым покрытием в общей протяженности автомобильных дорог общего пользования от 60 до 80%. Это наиболее многочисленная группа, в которой насчитывается 15 регионов. К ним можно отнести Калужскую, Ленинградскую, Свердловскую, Тюменскую области и другие регионы с догоняющим сельским хозяйством и одновременно развитой инфраструктурой. Средняя плотность роботизации здесь составляет 5,4 работа на 10 тысяч занятых в отрасли. К третьей группе следует отнести регионы, в которых свыше 80% автомобильных дорог — с твердым покрытием. К ним относятся 9 регионов, среди которых Московская область, Камчатский и Приморский края, Республика Башкортостан и другие. В регионах этой группы наблюдается наименьшая плотность роботизации — 1,1 работа на 10 тысяч занятых в отрасли. Удельный вес автомобильных дорог с твердым покрытием в общей протяженности автомобильных дорог общего пользования не позволяет сделать обоснованные выводы о влиянии дорожной инфраструктуры. Таким образом, наблюдается слабая отрицательная корреляция (коэффициент корреляции -0,21) между плотностью роботизации сельского хозяйства и удельным весом автомобильных до-

рог с твердым покрытием в общей протяженности автомобильных дорог общего пользования.

Другим показателем, характеризующим развитие дорожной инфраструктуры, является плотность автомобильных дорог (рисунок 21).



**Рисунок 21 – Плотность роботизации сельского хозяйства и плотность автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием (на конец года; км путей на 1000 км<sup>2</sup> территории)\***

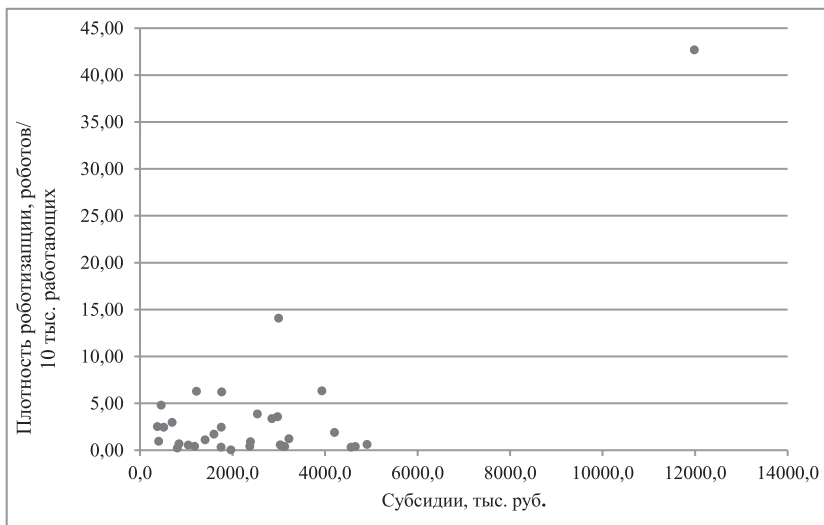
\* По данным Росстата в среднем за 2015–2018 годы

В соответствии с данными рисунка можно выделить три группы регионов. К первой группе следует отнести регионы с плотностью автомобильных дорог до 200 км на 1000 км<sup>2</sup> территории. В этой группе находятся 13 субъектов РФ, среди которых ряд регионов Дальнего Востока, областей Севера Европейской части России, а также Урала (Свердловская и Тюменская области, Пермский край). Средняя плотность роботизации по этой группе составляет 5,5 робота на 10 тысяч занятых в отрасли. Ко второй группе следует отнести 14 субъектов РФ с плотностью автомо-

бильных дорог от 200 до 400 км на 1000 км<sup>2</sup> территории. К ним относится ряд областей центральной части России. Средняя плотность роботизации по этой группе составляет 2,84 робота на 10 тысяч занятых в отрасли. К третьей группе относятся 5 регионов с высокой плотностью автомобильных дорог свыше — 400 на 1000 км<sup>2</sup> территории. Среди них Московская, Липецкая и Калининградская области, Республика Татарстан и Краснодарский край. Средняя плотность роботизации по этой группе составляет 0,74 робота на 10 тысяч занятых в отрасли. В результате исследования выявлена весьма слабая положительная корреляция (коэффициент корреляции 0,04) между плотностью роботизации сельского хозяйства и плотностью автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием.

Данные о величине государственной поддержки сельского хозяйства и плотности его роботизации представлены на рисунке 22.

В соответствии с данными рисунка 22 в 11 регионах из числа обследованных уровень государственной поддержки составил менее 1500 млн рублей в среднем за 2013—2017 годы. Средняя плотность роботизации по этой группе составляет 1,6 робота на 10 тысяч занятых в отрасли. В 12 регионах уровень государственной поддержки составил менее 1500 до 3000 млн рублей в среднем за 2013—2017 годы. Средняя плотность роботизации по этой группе составляет 3,4 робота на 10 тысяч занятых в отрасли. В 10 регионах уровень государственной поддержки составил более 3000 тыс. рублей в среднем за 2013—2017 годы. Средняя плотность роботизации по этой группе составляет 5,5 робота на 10 тысяч занятых в отрасли.



**Рисунок 22. Плотность роботизации сельского хозяйства и величина субсидий по регионам\***

**\* По данным Минсельхоза в среднем за 2013–2017 годы.**

Полученные данные о влиянии использования организациями сети Интернет (в том числе широкополосного доступа) на роботизацию сельского хозяйства не позволяют подтвердить первоначально высказанную гипотезу. Так, коэффициент корреляции плотности роботизации сельского хозяйства и доли организаций, использующих Интернет, составляет 0,10, а коэффициент корреляции плотности роботизации сельского хозяйства и доли организаций, использующих широкополосный доступ к сети Интернет, составляет 0,04. Это может быть связано с повсеместным проникновением сети (в том числе широкополосного доступа) в регионы, что не дает преимуществ одного региона по сравнению с другим. Так, в соответствии с данными Росстата практически во всех регионах страны доля организаций, использующих сеть Интернет, превы-



шает 75%, при этом широкополосный доступ используют более 70% организаций. Могут возникнуть сомнения в уровне охвата сетью Интернет городских и сельских территорий. Однако по данным ВШЭ о факторах, сдерживающих использование Интернета в домашних хозяйствах в городской и сельской местности, лишь 4,6 % указали на отсутствие технической возможности подключения. Это позволяет предположить, что и организации сельского хозяйства имеют соответствующие возможности по использованию сети Интернет в сельской местности.

В результате исследования нельзя сделать однозначного вывода о подтверждении гипотезы о влиянии дорожной инфраструктуры на роботизацию сельского хозяйства регионов. Так, выявлена слабая отрицательная корреляция (коэффициент корреляции  $-0,21$ ) между плотностью роботизации сельского хозяйства и удельным весом автомобильных дорог с твердым покрытием в общей протяженности автомобильных дорог общего пользования. Также практически отсутствует связь между плотностью роботизации сельского хозяйства и плотностью автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием (коэффициент корреляции  $0,04$ ). Вероятно, дорожная инфраструктура достаточно развита в регионах и не является ограничением для реализации проектов по внедрению робототехники и ее последующему сервисному обслуживанию. В большинстве регионов, внедряющих роботы, имеются соответствующие сервисные центры, позволяющие в течение 3 часов быть на ферме с роботом в случае его поломки.

Несмотря на отсутствие корреляции между показателями развития сети Интернет, состоянием дорожной инфраструктуры и плотности роботизации сельского хозяйства можно сделать вывод о наличии минимальных условий для

реализации в сельской местности инновационных проектов, в том числе таких сложных, как внедрение робототехники. Реализация проектов по роботизации ферм в удаленных сельских территориях, широкая география внедрения робототехники в РФ позволяют сделать вывод об отсутствии существенных инфраструктурных ограничений для данной деятельности. Вместе с тем следует отметить необходимость усиления государственной поддержки внедрения робототехники, так как данная деятельность отличается существенной капиталоемкостью, а также развития инфраструктуры на сельских территориях.

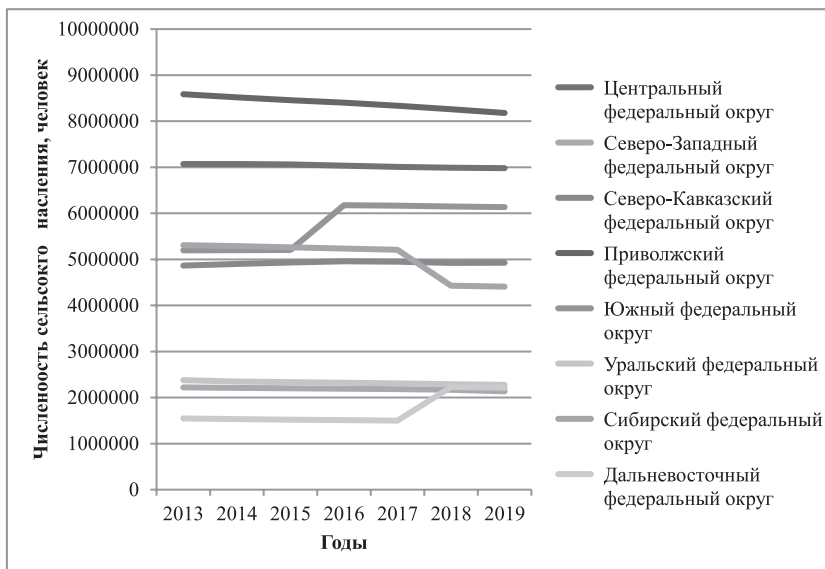
## 5. Трудовая сфера и плотность роботизации сельского хозяйства

В последние годы не прекращаются дебаты о перспективах развития цифровых технологий и их влиянии на экономику. Хотя, по мнению многих ученых, имеется огромный потенциал для повышения экономической эффективности производства и общества в целом, обсуждение дальнейшей цифровизации, в том числе роботизации, смещается в направлении рисков, которые сопровождают эти процессы. Так, например, усиливается полемика о влиянии роботизации на занятость и уровень квалификации, на неравенство в получении доходов, на здоровье и благополучие населения. По многим параметрам очевидны положительные эффекты применения роботов, однако ряд аспектов дальнейшей роботизации остается недостаточно исследован. Это относится в первую очередь к потенциальному влиянию роботизации на уровень безработицы. По имеющимся оценкам, до половины рабочих мест может быть роботизировано [57,83]. Хотя некоторые авторы указывают на положительные эффекты для создания дополнительных рабочих мест в процессе роботизации [50,112]. На сельские территории негативное влияние оказывают следующие тенденции: депопуляция [51], рост доли пожилых людей в структуре сельского населения, снижение уровня предпринимательства сельского населения, сокращение количества источников дохода [56,80] сельского населения. Гендерная и возрастная структура значительной части сельских районов имеет отрицательные тенденции и характеризуется ускоряющимися-

ся темпами старения населения, ухудшается соотношение рождаемости и смертности в сельской местности.

Одна из гипотез исследования заключается в том, что использование роботов в сельскохозяйственном производстве связано с дефицитом кадров в сельских территориях, при этом роботизация сельского хозяйства не оказывает влияние на повышение уровня безработицы. Представляется целесообразным выполнить анализ зависимости плотности роботизации сельского хозяйства от удельного веса трудоспособного населения регионов и уровня безработицы в них. Для подтверждения гипотезы исследования использованы данные Росстата. Для расчета показателей плотности роботизации отрасли использованы данные, полученные от региональных отделений Министерства сельского хозяйства РФ о количестве используемых роботов в аграрном производстве.

Сельское хозяйство занимает в структуре валового производства относительно небольшую долю. По данным Всемирного банка, лишь 2,8 % мирового валового дохода приходится на сельское хозяйство, охоту, лесное хозяйство и рыболовство [116]. При этом около 1,3 миллиарда человек (19 % мирового населения) непосредственно заняты в сельском хозяйстве или получают доходы от деятельности, связанной с этой отраслью. Важнейшим показателем, характеризующим эффективность функционирования сельского хозяйства, является производительность труда работников. Она может быть рассчитана как отношение валовой продукции сельского хозяйства к численности занятых в отрасли. Рассмотрим динамику численности сельского населения по федеральным округам (рисунок 23).



**Рисунок 23. Динамика численности сельского населения по федеральным округам, чел.**

Согласно данным рисунка, наибольшая численность сельского населения наблюдается в Приволжском ФО — более 8,4 млн человек в среднем за рассматриваемый период. При этом она снизилась на 4,7 % с 2013 по 2019 год. Значительное количество населения в сельской местности (около 7 млн человек) проживает в Центральном ФО, следует отметить тенденцию к снижению его численности на 1,3 % за рассматриваемый период. В Южном ФО население сельских территорий составляет 5,7 млн человек, при этом увеличение его численности составило 18,0%. Существенный рост (на 43,1%) численности сельского населения наблюдается в Дальневосточном ФО за счет перехода ряда территорий из статуса городских в сельские. Незначительное увеличение (на 1,3%) численности сельского населения имеется в Северо-Кавказском ФО и снижение

(на 4,3%) в Уральском ФО. В целом по России численность сельского населения — 37,4 млн человек, при этом она увеличилась на 0,2% за исследуемый период.

Численность работников сельского хозяйства по федеральным округам представлена в таблице 9.

Из данных таблицы видно, что численность занятых в сельском хозяйстве в целом по стране снизилась (при увеличении численности сельского населения) с 7628 тыс. человек в 2005 году до 5075 тыс. человек в 2017 году (на 33,5%). Наибольшая численность занятых в отрасли (1123 тыс. человек в среднем за рассматриваемый период) имеет место в Приволжском федеральном округе. Однако здесь наблюдается наиболее существенное снижение их численности, которое составило 41,4%. Прирост численности занятых в сельском хозяйстве (на 8%) зафиксирован только в Северо-Кавказском федеральном округе.

Данные о производительности труда в сельском хозяйстве представлены в таблице 10.

Из данных таблицы видно, что в целом по РФ производительность труда в сельском хозяйстве за рассматриваемый период выросла на 40,4% — с 752,5 до 1056,7 тыс. рублей на человека. Это не является достаточным для отнесения рабочих мест в отрасли к высокопроизводительным рабочим местам [40]. Наибольший рост производительности труда за рассматриваемый период наблюдался в Центральном федеральном округе, она возросла на 47,2% и составила 1288,2 тыс. рублей на человека. Относительно высокая производительность труда в сельском хозяйстве наблюдается в Уральском федеральном округе — 1048,3 тыс. рублей на человека и возросла на 48,6%.

В соответствии с первоначально сформулированной гипотезой внедрение робототехники в сельском хозяйстве может быть связано с дефицитом кадров, который в свою

Таблица 9

**Численность занятых работников сельского хозяйства по федеральным округам, тыс. чел.\***

Федеральный округ	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2017 к 2005, %
Российская Федерация	7628	6760	6710	6609	6503	6386	5546	5502	5075	66,5
Центральный	1528	1313	1300	1251	1223	1210	1018	1014	954	62,4
Северо-Западный	511	420	403	392	383	372	322	323	290	56,6
Южный	1110	983	975	984	977	953	938	912	844	76,1
Северо-Кавказский	655	664	702	705	720	729	721	724	708	108,0
Приволжский	1916	1710	1683	1658	1618	1581	1269	1264	1123	58,6
Уральский	455	385	380	372	365	353	297	293	263	57,8
Сибирский	1134	978	964	944	924	904	751	738	669	59,0
Дальневосточный	319	307	303	304	293	283	230	235	225	70,5

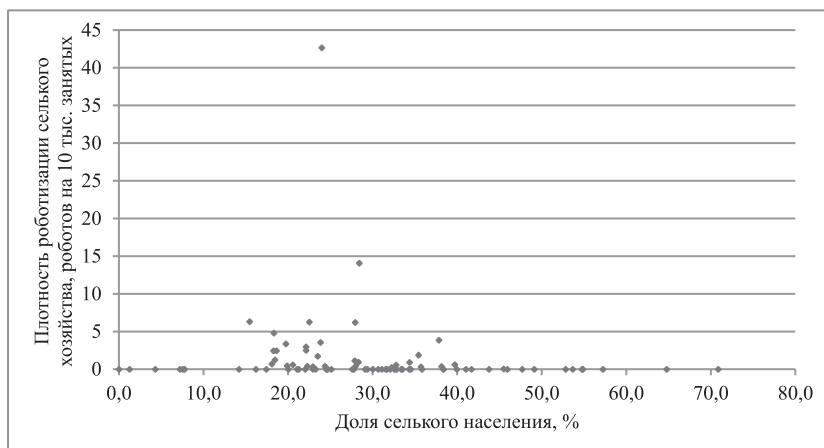
Таблица 10

**Производительность труда в сельском хозяйстве РФ,  
по федеральным округам, тыс. руб. / чел. \***

Федеральный округ	2014	2015	2016	2017	В среднем за 2014— 2017 годы	2017 к 2014, %
Российская Федерация	752,5	920,0	919,4	1056,7	912,2	140,4
Центральный	1045,6	1283,5	1285,0	1538,8	1288,2	147,2
Северо-Западный	608,7	704,1	698,1	852,7	715,9	140,1
Южный	851,5	958,7	977,9	1070,9	964,7	125,8
Северо-Кавказский	527,9	593,9	603,4	652,1	594,3	123,5
Приволжский	704,7	949,6	945,1	1061,1	915,1	150,6
Уральский	856,4	1061,9	1002,2	1272,7	1048,3	148,6
Сибирский	593,3	759,9	751,9	857,2	740,5	144,5
Дальневосточный	580,6	652,9	678,2	813,0	681,2	140,0



очередь вызван недостаточным количеством проживающих в сельской местности. Данные о доле сельского населения и плотности роботизации сельского хозяйства представлены на рисунке 24.



**Рисунок 24. Доля сельского населения и плотность роботизации сельского хозяйства**

Как видно по данным рисунка, в значительной части регионов не используется робототехника в сельскохозяйственном производстве. При этом можно выделить четыре группы регионов в зависимости от показателей роботизации отрасли. Так, наибольшая плотность роботизации (свыше 3,0 роботов на 10 тыс. работающих) наблюдается в девяти регионах, при этом доля сельского населения составляет 24,2% по данной группе. Наибольшая доля сельского населения наблюдается в Республике Мордовия — 37,8%, а наименьшая 15,4% в Свердловской области. В группе регионов со средними показателями плотности роботизации сельского хозяйства (от 0,75 до 3,0 роботов на 10 тыс. работающих) доля сельского населения составляет 25,5% за рассматриваемый период. В этой группе из

10 регионов можно выделить Ярославскую, Московскую и Ивановскую области с относительно низкими долями сельского населения (18,3%, 18,4% и 18,6 % соответственно), а также Республику Татарстан с высокой долей сельского населения (34,4%). В группе из 13 регионов с низкими уровнями роботизации отрасли наблюдается средняя доля сельского населения – 29,2%. Здесь можно отметить регионы с низкой долей сельского населения, такие как Хабаровский край – 18,1% и Самарская область – 19,2%, а также Краснодарский край, где практически половина населения (45,5%) проживает в сельской местности. Наиболее многочисленная группа включает 53 региона, в которых организации сельского хозяйства, согласно официальным данным, не применяют роботов в производстве. В этой группе средняя доля сельского населения составляет 31,5%. К ней относятся регионы с низкой долей (Мурманская область 7,5%, Ханты-Мансийский автономный округ 7,8%), а также города Москва и Севастополь.

Таким образом, группировка регионов показала, что с увеличением плотности роботизации наблюдается снижение доли сельского населения по группам. При этом определяется достаточно слабая корреляция (-0,11) показателей плотности роботизации сельского хозяйства и доли сельского населения в регионах. К этому показателю следует относиться с осторожностью, поскольку имеются существенные различия уровня роботизации сельского хозяйства регионов, находящихся в схожих природно-экономических условиях.

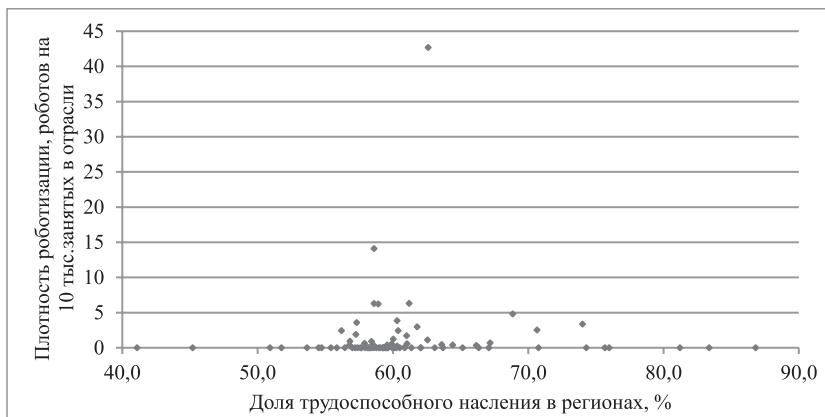
Рассмотрим данные о плотности роботизации сельского хозяйства и доле сельского населения по федеральным округам (рисунок 25).



**Рисунок 25. Плотность роботизации отрасли и доля сельского населения по федеральным округам**

Наибольшая доля сельского населения (50,6%) наблюдается в Северо-Кавказском ФО, при этом в нем организации сельского хозяйства не используют роботов в аграрном производстве (рисунок 25). Наименьшая доля сельского населения зафиксирована в Северо-Западном (15,8%) и Уральском (18,9%) федеральных округах. Можно отметить высокие показатели роботизации сельского хозяйства этих территорий. Таким образом, имеется средняя отрицательная зависимость (корреляция  $-0,52$ ) доли сельского населения и плотности роботизации по федеральным округам.

Данные о доле трудоспособного населения и плотности роботизации сельского хозяйства представлены на рисунке 26.

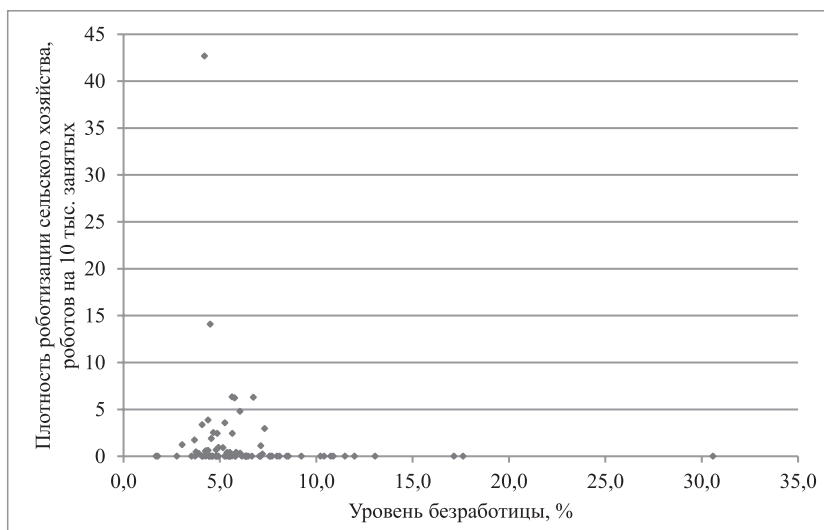


**Рисунок 26. Доля трудоспособного населения и плотность роботизации сельского хозяйства**

В значительной части регионов доля трудоспособного населения составляет около 60%. Между тем имеются некоторые различия по группам регионов с различными показателями роботизации сельского хозяйства. Так, в группе с наибольшими показателями плотности роботизации (свыше 3,0 на 10 тыс. занятых в отрасли) средняя доля трудоспособного населения составляет 62,3%. При этом наибольшая доля трудоспособного населения по этой группе наблюдается в Тюменской области – 74,0%, а наименьшая – 57,3% – в Кировской области. По группе регионов со средними показателями плотности роботизации средняя доля трудоспособного населения достигает 60,5%. В ней выделяются регионы с высокой долей трудоспособного населения – Камчатский край (70,6) % и Ивановская область с относительно низкой его долей (56,2 %). Группа регионов с низкой плотностью роботизации включает 13 субъектов, среди которых высокой долей трудоспособного населения выделяются Хабаровский край (67,2%), а низкой – Республика Башкортостан (56,8%). Наиболее

многочисленная группа, в которой организации сельского хозяйства не применяют робототехнику, включает 53 региона со средней долей трудоспособного населения 60,9%. В том числе в Республике Крым этот показатель составляет наименьшее значение (41,1%), в Ненецком автономном округе – наибольшее значение (83,6%).

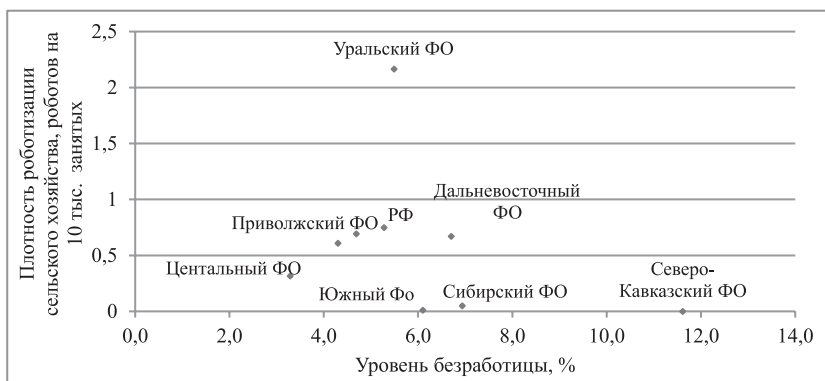
Данные об уровне безработицы и плотности роботизации сельского хозяйства представлены на рисунке 27.



**Рисунок 27. Плотность роботизации сельского хозяйства и уровень безработицы**

Как видно по данным рисунка, наименьший уровень безработицы – 1,7% и 3,0% наблюдается соответственно в городе Москва и Московской области. Наиболее высокий уровень безработицы за рассматриваемый период с 2013 по 2019 гг. зафиксирован в Республике Ингушетия – 30% и Чеченской Республике – 17,6%. В соответствии с ранее предложенным подходом будем придерживаться рас-

пределения регионов на четыре группы в зависимости от показателей роботизации сельского хозяйства. В группе из 9 регионов с наиболее высокой плотностью роботизации (свыше 3,0 роботов на 10 тыс. работающих) уровень безработицы составляет 5,17% за рассматриваемый период. При этом наиболее высокий уровень безработицы наблюдается в Архангельской области — 6,7% при плотности роботизации 6,3 робота на 10 тыс. занятых в отрасли, а наименьший уровень безработицы 3,36 % в Тюменской области с плотностью роботизации 4,1. В группе регионов со средними показателями плотности роботизации сельского хозяйства (от 0,75 до 3,0 роботов на 10 тыс. работающих) средний уровень безработицы составляет 5,09% за рассматриваемый период. В этой группе из 10 регионов можно выделить Московскую область (3,0%) и Республику Татарстан (3,7 %) с наименьшими показателями уровня безработицы и Республику Коми с относительно высоким по отношению к среднему уровню безработицы (7,3%). В группе из 13 регионов с низкими уровнями роботизации отрасли средний уровень безработицы составляет 5,11%. Здесь можно отметить регионы с низким уровнем безработицы, такие как Самарская область — 3,8 и Липецкая область — 3,9%, а также Забайкальский край, где уровень безработицы (7,2%) относительно выше, чем в других регионах этой группы. В группе регионов, в которых организации сельского хозяйства, по официальным данным, не применяют роботов в производстве, средний уровень безработицы составляет 7,3%, при этом он выше, чем в других группах. В этой группе регионы с наиболее высоким уровнем безработицы — Республика Ингушетия — 30% и Чеченская Республика — 17,6%. По федеральным округам уровень безработицы и плотность роботизации сельского хозяйства отражены на рисунке 28.



**Рисунок 28. Плотность роботизации сельского хозяйства и уровень безработицы по федеральным округам**

Наибольший уровень безработицы (11,6%) наблюдается в Северо-Кавказском ФО, при этом в нем организации сельского хозяйства не используют роботов в аграрном производстве (рисунок 5). Наименьший уровень безработицы зафиксирован в Центральном (3,3%) и Северо-Западном (4,3%) федеральных округах. Можно отметить средние показатели роботизации сельского хозяйства этих федеральных округов. Таким образом, имеется средняя отрицательная зависимость (корреляция  $-0,32$ ) уровня безработицы и плотности роботизации по федеральным округам.

Можно рассмотреть группировку регионов в зависимости от различных параметров (таблица 13).

В качестве критериев для группировки учитывался общий показатель роботизации в России [36]. При этом можно выделить группу регионов с высокой плотностью роботизации отрасли (3,0 роботов на 10 тыс. работающих) и средний уровень роботизации сельского хозяйства [28] (0,75 робота на 10 тыс. работающих). Как видно по результатам группировки показателей, доля сельского населения

увеличивается с 24,2 % в группе регионов с высокой плотностью роботизации до 31,5 % в регионах, где робототехника не применяется в сельскохозяйственном производстве. При этом доля трудоспособного населения падает с 62,3 до 60,9% соответственно. Следует отметить, что уровень зарегистрированной безработицы в группе регионов с высокой плотностью роботизации составляет 5,17%, а в регионах, не использующих робототехнику, он существенно выше – 7,3%.

Таблица 13

**Группировка регионов по уровню роботизации сельского хозяйства, доле трудоспособного населения и уровню зарегистрированной безработицы**

Показатели	Группировка регионов			
	1	2	3	4
Плотность роботизации, роботов на 10 тыс. занятых	Более 3,0	0,75-0,3	0,1-0,75	Робототехника не применяется
Количество регионов, ед.	9	10	13	53
Доля сельского населения, %	24,2	25,5	29,2	31,5
Доля трудоспособного населения, %	62,3	60,5	61,2	60,9
Уровень зарегистрированной безработицы, %	5,17	5,09	4,80	7,30

Следует отметить значительные различия регионов РФ по уровню роботизации сельского хозяйства. Зачастую даже регионы, находящиеся в схожих природно-экономических условиях, могут иметь отличия в несколько раз по плотности роботизации отрасли. Это существенно затрудняет поиск закономерностей внедрения и использования робототехники в сельхозпроизводстве. Так, анализ регионов по долям сельского населения и плотности ро-



ботизации не позволил выявить значимой зависимости (коэффициент корреляции  $-0,11$ ). Однако этот же анализ по федеральным округам позволяет выявить средний уровень зависимости (коэффициент корреляции  $-0,52$ ). Слабая взаимосвязь между уровнем безработицы и плотности роботизации может быть связана с относительно низким уровнем внедрения роботов в сельское хозяйство в настоящее время. Тем не менее, отрицательная зависимость этих показателей (коэффициент корреляции  $-0,32$ ) по федеральным округам позволяет предположить, что дальнейший рост количества применяемых роботов в отрасли не приведет к росту безработицы. Однако эти выводы требуют дальнейших исследований.

Наибольшая доля сельского населения ( $50,6\%$ ) наблюдается в Северо-Кавказском ФО, при этом в нем организации сельского хозяйства не используют роботов в аграрном производстве. Наименьшая доля сельского населения зафиксирована в Северо-Западном ( $15,8\%$ ) и Уральском ( $18,9\%$ ) федеральных округах с высокими показателями роботизации отрасли. С увеличением плотности роботизации наблюдается снижение доли сельского населения по выделенным группам регионов. Уровень зарегистрированной безработицы в группе регионов с высокой плотностью роботизации составляет  $5,17\%$ , а в регионах, не использующих робототехнику, он существенно выше —  $7,3\%$ . Данные анализа могут быть использованы при построении пространственной модели роботизации сельского хозяйства в зависимости от различных факторов и зонировании сельских территорий по целесообразности роботизации отрасли.

Одной из важных характеристик использования трудовых ресурсов в сельском хозяйстве является заработная плата [22,38]. Проблема соотношения средней заработной

платы фермеров со средней заработной платой по национальной экономике является предметом исследования многих ученых [29, 55]. Зачастую заработная плата выступает значимым фактором, определяющим неравенство доходов [30,90]. При этом влияют на оплату труда в сельском хозяйстве различные факторы, такие как характер занятости, образование, опыт работы, пол [24], регион, а также некоторые макроэкономические факторы [61]. Оплата труда оказывает влияние на гендерную составляющую персонала сельского хозяйства. Учеными установлено, что повышение заработной платы на 10% может увеличить долю мужчин, решивших работать в сельском хозяйстве, почти на четверть [100].

Одна из гипотез исследования состоит в том, что внедрение робототехники в сельском хозяйстве вызвано желанием снизить издержки на оплату труда и дефицитом кадров. Это заставляет предположить, что в регионах с высокими заработными платами в сельском хозяйстве будут наблюдаться значительные показатели роботизации отрасли. В свою очередь дефицит кадров может быть связан с более высокими заработными платами в других отраслях народного хозяйства регионов. Таким образом, чем выше разница между заработной платой в сельском хозяйстве и заработной платой в регионе, тем острее дефицит кадров и выше темпы роботизации отрасли. Для подтверждения данных гипотез необходимо сравнить уровень заработной платы в отрасли и в целом по экономике регионов и проанализировать полученное соотношение. Также необходимо выполнить корреляционный анализ плотности роботизации сельского хозяйства и полученного соотношения.

Для анализа динамики заработных плат в сельском хозяйстве и в целом по экономике использованы данные Росстата. Данные о количестве используемых роботов в

отрасли ранее получены в региональных представительствах Министерства сельского хозяйства РФ. В качестве методов исследования использованы корреляционный анализ, который позволит выполнить классификацию регионов по плотности роботизации и уровню оплаты труда.

Вызывает интерес анализ заработной платы работников в целом по экономике. В соответствии с данными Росстата среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников в целом по экономике растет (таблица 14).

В соответствии с данными таблицы среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников в целом по экономике выросла на 70,5% за рассматриваемый период и составила 39305 рублей. Наибольшие темпы прироста заработной платы наблюдаются в Центральном федеральном округе – 78,2% и Северо-Западном – 72,9%. Наиболее высокая заработная плата наблюдается в городе Москва (75573 рублей в среднем за рассматриваемый период) и Московской области (46071 рублей). Наименьшая заработная плата зафиксирована в Северо-Кавказском ФО (24653 рублей). Наименьшие темпы прироста наблюдаются в Северо-Кавказском (20,3%) и Южном (23,1%) федеральных округах. Самая низкая заработная плата зафиксирована в Республике Крым (21186 рублей). В таблице 15 представлены данные о среднемесячной номинальной начисленной заработной плате работников в сельском хозяйстве.

Как видно по данным таблицы, в сельском хозяйстве существенно ниже заработная плата работников по сравнению со средней по экономике. По Российской Федерации она составила 24172 рубля в среднем за рассматриваемый период, при этом она выросла в 2,19 раза. Наибольшие темпы прироста заработной платы в отрасли наблюдаются

Таблица 14

**Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников  
в целом по экономике 2013—2021 гг., рублей**

	2013 год	2014 год	2015 год	2016 год	2017 год	2018 год	2019 год	2020 год	В сред- нем	Изме- нения, %
Федеральный округ	29 960	32 611	33 981	36 746	39 144	43 445	47 468	51 083	39305	170,5
Российская Феде- рация	36 581	40 090	41 848	46 042	48 396	54 470	60 480	65 187	49137	178,2
Центральный	32 861	35 462	37 616	41 006	44 696	49 469	52 649	56 826	43823	172,9
Северо-Западный	19 520	21 200	21 765	22 960	24 346	26 721	29 263	31 452	24653	161,1
Северо-Кавказский	22 521	24 645	25 717	27 257	29 166	31 849	34 395	36 811	29045	163,5
Приволжский	22 496	24 518	25 279	27 151	28 653	31 533	34 268	36 160	28757	160,7
Южный	34 901	37 409	39 257	41 753	43 853	47 572	50 788	54 154	43711	155,2
Уральский	26 484	28 375	29 610	31 383	33 822	37 420	40 880	43 897	33984	165,7
Сибирский	37 357	40 651	42 877	46 113	49 022	51 212	56 068	59 862	47895	160,2
Дальневосточный										

**Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников  
в сельском хозяйстве 2013—2021 гг., рублей\***

	2013 год	2014 год	2015 год	2016 год	2017 год	2018 год	2019 год	2020 год	В сред- нем	Изме- нения, %
Федеральный округ	15 637	17 627	19 455	21 445	25 156	28 189	31 581	34 285	24172	219,3
Российская Феде- рация	17 998	20 223	22 460	24 673	27 023	29 680	33 157	36 017	26404	200,1
Центральный	20 737	22 156	24 312	25 975	35 207	40 068	43 241	46 417	32264	223,8
Северо-Западный	12 968	15 361	16 680	19 159	21 335	24 023	27 044	27 349	20490	210,9
Северо-Кавказский	12 831	14 396	15 996	17 337	19 023	21 150	23 515	25 796	18756	201,0
Приволжский	15 827	17 887	20 016	23 015	23 581	26 237	29 113	31 200	23360	197,1
Южный	16 855	19 034	20 047	21 434	24 214	25 583	27 962	30 320	23181	179,9
Уральский	14 160	16 231	18 013	19 847	21 917	24 888	27 850	30 826	21717	217,7
Сибирский	20 753	23 478	26 457	28 757	49 741	52 448	61 772	64 685	41011	311,7
Дальневосточный										

\* По данным Росстата за 2013—2020 годы

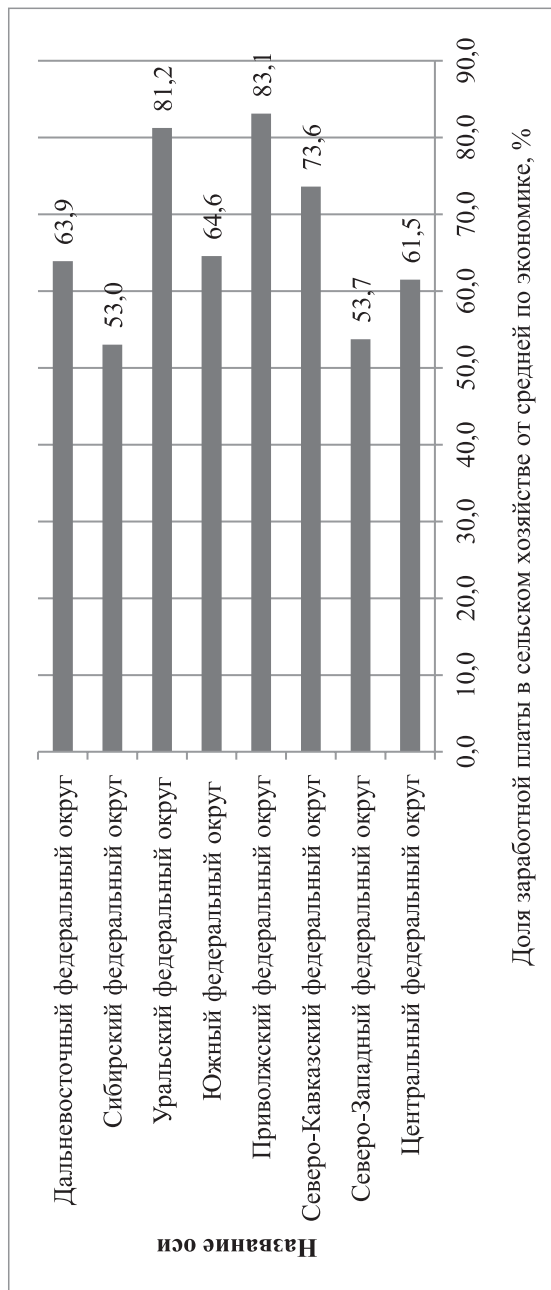
в Дальневосточном (3,1 раза) и Северо-Западном (2,2 раза) федеральных округах. Наиболее высокая заработная плата в сельском хозяйстве наблюдается в Мурманской области (80081 рубль). Наименьше темпы прироста наблюдаются в Уральском (в 1,8 раза) и Южном (1,97 раза) федеральных округах. Наименьшая заработная плата в Чеченской республике (10814 рублей).

Весьма интересным представляется сравнение заработных плат в сельском хозяйстве и в целом по экономике (рисунок 29).

Как видно по данным рисунка, в сельском хозяйстве заработная плата составляет лишь 61% от средней по экономике. Наиболее высокая доля заработной платы от средней по экономике наблюдается в Приволжском федеральном округе (83,1%), а самая низкая (53,0%) – в Сибирском федеральном округе. При этом по ряду регионов, в соответствии с данными Росстата, заработная плата в сельском хозяйстве была выше, чем в целом по экономике. Так, в Мурманской области она была выше средней по экономике на 53,2%, Камчатском крае – на 11,2%, а в Белгородской области – на 4,7% за рассматриваемый период.

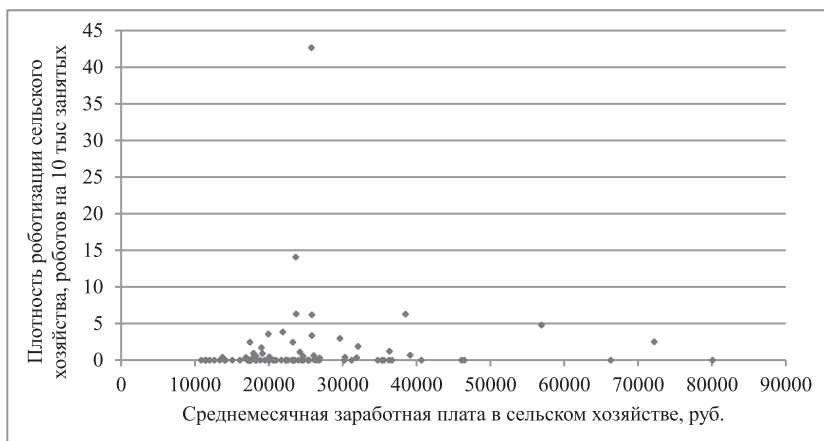
Данные о среднемесячной заработной плате в сельском хозяйстве и плотности роботизации в отрасли по регионам представлена на рисунке 30.

В соответствии с данными рисунка можно выделить четыре группы регионов с различными соотношениями заработной платы и плотности роботизации отрасли. К первой группе можно отнести регионы с высокой плотностью роботизации сельского хозяйства – свыше 3,0 роботов на 10 тыс. занятых. Средняя заработная плата в сельском хозяйстве по этой группе составляет 29095 рублей. В этой группе можно выделить регионы как с высокой заработной платой в сельском хозяйстве (Сахалинская



**Рисунок 29. Доля заработной платы в сельском хозяйстве от средней по экономике\***

**\* По данным Росстата за 2013–2020 годы**



**Рисунок 30. Среднемесячная заработная плата в сельском хозяйстве и плотность роботизации в отрасли по регионам\***

область — 56900 рублей, Архангельская область — 38507 рублей), так и относительно низкой (Кировская область — 19922 рубля). Ко второй группе можно отнести регионы с плотностью роботизации от 0,75 (средняя плотность роботизации в сельском хозяйстве РФ) до 3,0 роботов на 10 тыс. занятых. Средняя заработная плата работников сельского хозяйства по данной группе составляет 29101 рубль. В ней также имеются регионы с высокой заработной платой (Камчатский край — 72169 рублей) и регионы с низкой оплатой труда в отрасли (Ивановская область — 17412 и Костромская — 17919 рублей). К третьей группе можно отнести регионы с плотностью роботизации менее 0,75 робота на 10 тыс. занятых. При этом средняя заработная плата в отрасли составила 22392 рубля. Наибольшая оплата труда работников этой группы наблюдается в Хабаровском крае — 39116 рублей, наименьшая в Смоленской области — 13721 рубль. Наиболее многочисленна группа регионов (53 региона РФ), в которых не осу-



ществляется роботизация сельского хозяйства. При этом заработная плата в отрасли по данной группе составляет 24724 рубля (таблица 16).

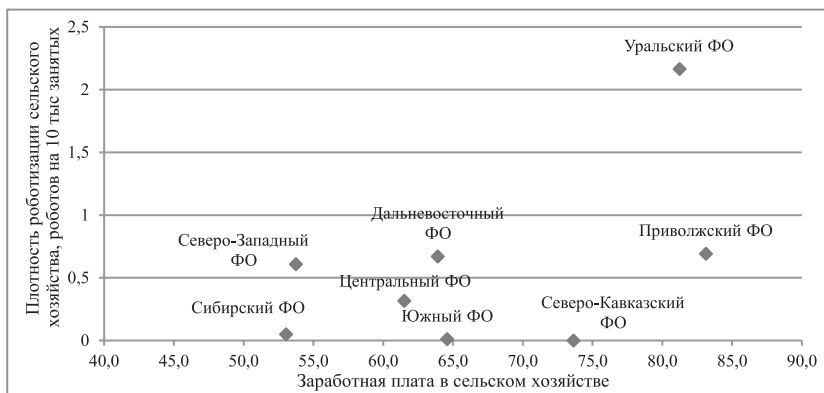
Таблица 16

**Группировка регионов по уровню роботизации  
сельского хозяйства и заработной платы**

Показатели	Группировка регионов			
	1	2	3	4
Плотность роботизации, роботов на 10 тыс. занятых	Более 3,0	0,75-0,3	0,1-0,75	Робототехника не применяется
Количество регионов, ед.	9	10	13	53
Средняя заработная плата в сельском хозяйстве $Z_{cx}$ , рублей в месяц	29095	29101	23738	24724
Средняя заработная плата по экономике $Z_{эк}$ , рублей в месяц	39378	37224	31196	35492
Соотношение заработной платы в сельском хозяйстве $Z_{cx}$ к оплате труда в целом по экономике $Z_{рф}$ кластера, %	73,9	78,2	76,1	69,7
Соотношение заработной платы в сельском хозяйстве по кластеру $Z_k$ к заработной плате в сельском хозяйстве $Z_{cx}$ , %	120,4	120,4	98,2	102,3
Соотношение заработной платы в сельском хозяйстве по кластеру $Z_k$ к заработной плате по экономике $Z_{рф}$ , %	0,74	0,74	0,60	0,63

Таким образом, можно наблюдать повышение средней заработной платы с уменьшением плотности роботизации сельского хозяйства по выделенным группам регионов. В соответствии с данными анализа коэффициент корр-

ляции составил 5,1%, что свидетельствует о практически отсутствующей зависимости (рисунок 31).



**Рисунок 31. Зарботная плата в сельском хозяйстве и плотность роботизации в отрасли**

Данные анализа показывают средний уровень корреляций (0,53) по федеральным округам между соотношением заработной платы в сельском хозяйстве и оплаты труда в целом по экономике и плотности роботизации. Так, в Уральском ФО с наиболее высокой плотностью роботизации отрасли (2,165 роботов на 10 тыс. занятых) заработная плата в сельском хозяйстве составляет 82,1% от средней оплаты труда по федеральному округу. В Приволжском ФО, который является вторым по плотности роботизации отрасли (0,693 робота на 10 тыс. занятых), заработная плата в сельском хозяйстве составляет 83,1% от средней по экономике. В Дальневосточном ФО плотность роботизации сельского хозяйства составляет 0,671 робота на 10 тыс. занятых, что является относительно высоким показателем. При этом заработная плата в аграрном секторе экономики составляет 63,9% от средней по федеральному округу.

Следует отметить низкий уровень роботизации сельского хозяйства, поскольку организации отрасли менее половины регионов используют роботов в производстве. Низкий уровень корреляции между оплатой труда и плотностью роботизации сельского хозяйства указывает на то, что снижение издержек на оплату труда не является значимым фактором при решении о внедрении робототехники в сельскохозяйственное производство. Возможно, наиболее действенным фактором внедрения роботов в аграрном секторе экономики является желание сельхозтоваропроизводителей снизить влияние человеческого фактора на результаты производства. Однако это предположение требует дополнительной проверки.

Выделены четыре группы регионов, характеризующие различные соотношения уровня роботизации и заработной платы в сельском хозяйстве. К первой группе относятся 9 регионов с высокой плотностью роботизации (свыше 3,0 роботов на 10 тыс. работающих) и заработной платой 29095 рублей. Ко второй группе относятся 10 регионов со средней плотностью роботизации от 0,75 до 3,0 с заработной платой работников отрасли 29101 рубль в месяц. К третьей группе относятся 13 регионов с низкой роботизацией от 0 до 0,75 робота на 10 тыс. работающих и заработной платой в месяц 31196 рублей. При этом в 53 регионах не используется робототехника в сельском хозяйстве. Их можно отнести к четвертой группе с уровнем заработной платы 24724 рубля. Таким образом, в двух группах с наибольшими показателями плотности роботизации заработная плата выше на 20,4% по сравнению с группами, где не применяется робототехника или ее применение находится на низком уровне. Это может свидетельствовать в пользу того, что роботы могут применяться для снижения издержек на заработной плате работников.

## 6. АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ, СПОСОБСТВУЮЩИХ И ПРЕПЯТСТВУЮЩИХ РОБОТИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

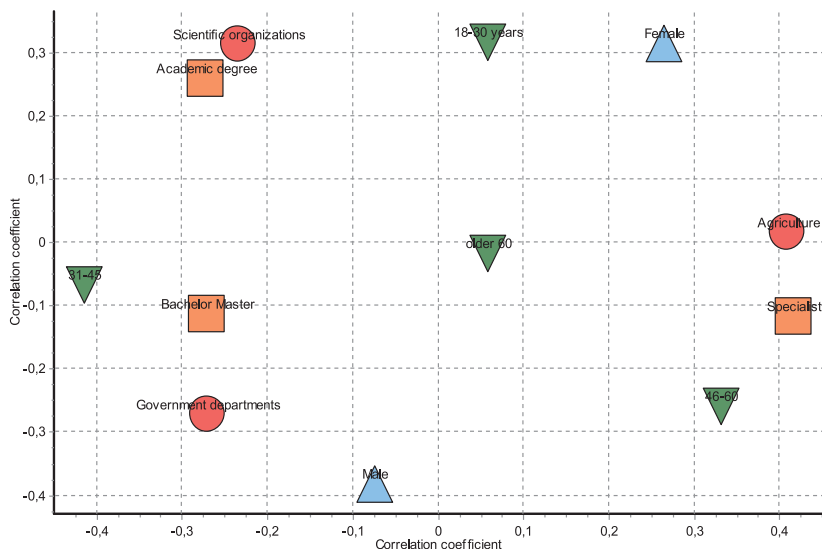
**В** последние годы не прекращается научная дискуссия о перспективах развития цифровых технологий и их влиянии на экономику. По мнению многих ученых, имеется огромный потенциал для повышения экономической эффективности производства и общества в целом в процессе дальнейшей роботизации производственных процессов. Однако обсуждение дальнейшей цифровизации, в том числе роботизации, смещается в направлении рисков, которые сопровождают эти процессы. В соответствии с данными международной организации робототехники, к наиболее роботизированным странам мира можно отнести (в порядке убывания плотности роботизации) Сингапур, Южную Корею, Японию, Германию, Швецию, Данию, Гонконг, китайский Тайбэй, США, Бельгию и Люксембург [103]. Диспропорции в уровне роботизации стран и отдельных регионов вызывают необходимость поиска закономерностей, объясняющих эти явления. При этом одной из наименее роботизированных отраслей экономики остается сельское

хозяйство, поскольку исторически промышленная робототехника начала развиваться раньше, чем в других отраслях. Вызывает большой интерес выявление факторов, приводящих к ускоренной роботизации одних регионов и оставляющих в стагнации процессы внедрения робототехники в других.

Необходимо опередить основные факторы пространственного развития регионов, оказывающие влияние на роботизацию сельского хозяйства, и дать им оценку с точки зрения характера оказываемого влияния. Также необходимо выполнить количественную оценку основных факторов пространственного развития регионов с привлечением группы экспертов. Для анализа основных факторов пространственного развития регионов привлечена группа экспертов Свердловской области. В качестве этих экспертов выступили, прежде всего, представители хозяйствующих субъектов в лице руководителей организаций сельского хозяйства. Другой группой явились представители органов исполнительной власти, непосредственно осуществляющие руководство отраслью. Наконец, третьей группой явились представители академического сообщества, исследовательских институтов, признанные специалистами по сельскому хозяйству. Экспертам была предложена анкета, в которой содержалось два основных раздела. В первом разделе экспертам было предложено указать личные данные, в том числе пол, возраст, профессиональную сферу деятельности и уровень образования. Во втором разделе было предложено оценить различные факторы пространственного развития регионов по степени влияния на роботизацию сельского хозяйства и указать характер (положительное или отрицательное воздействие) этого влияния. При этом необходимо было присвоить балл по возрастанию степени воздействия от «1» (не оказывает влияния)

до «10» (оказывает наибольшее влияние) на роботизацию сельского хозяйства региона.

Для более детальной характеристики анкетированной группы построена двухмерная проекция с использованием коэффициента сопряженности Phi. Для расчета этого коэффициента выбраны все качественные значения, характеризующие анкетиртуемых, к которым относятся пол, возраст, уровень образования, профессиональная сфера деятельности эксперта. С использованием программных средств рассчитаны коэффициенты корреляции между характеристиками. Полученная матрица корреляций методом Торгерсона перенесена на двухмерную плоскость, что позволяет наглядно представить, на каком удалении друг от друга находятся те или иные переменные (характеристики группы экспертов) (рисунок 32).

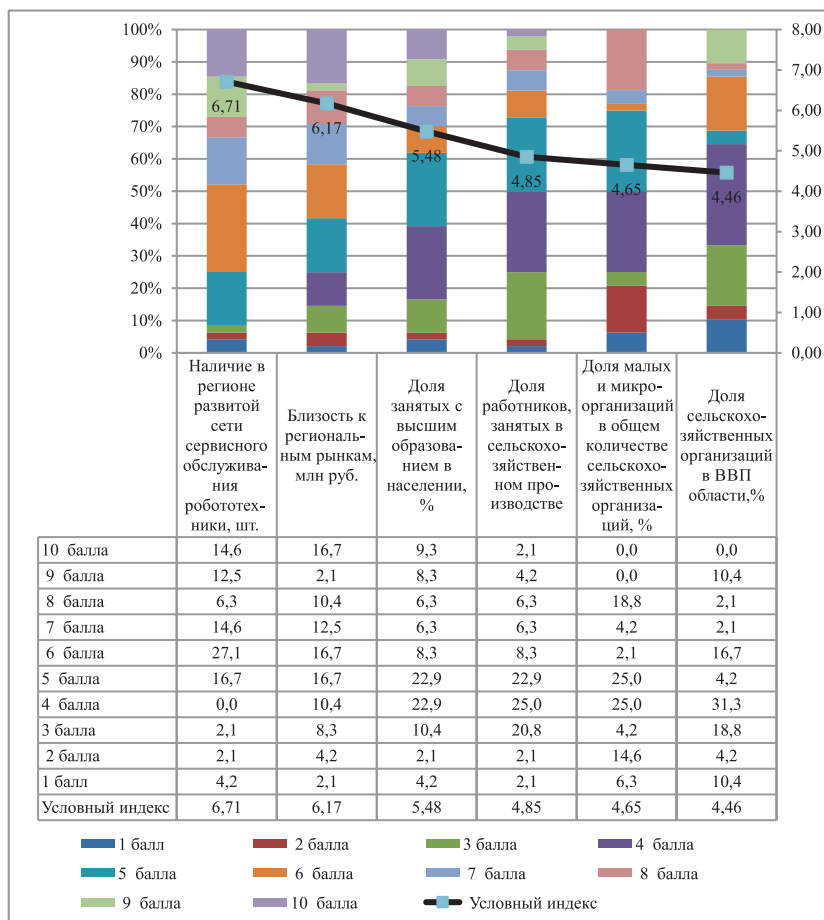


**Рисунок 32. Двухмерная проекция анкетиртуемых работников (коэффициент сопряженности Phi), доли единицы**

Как видно по рисунку, в разных углах двумерной проекции находятся профессиональные сферы деятельности экспертов. Так, в левом нижнем углу находятся представители органов исполнительной власти, сверху представители исследовательских организаций и справа посередине представители организаций сельского хозяйства. Судя по диаграмме, представители исследовательских организаций в основном имеют академическую степень (наименьшее расстояние до значка академическая степень) двух возрастных категорий – от 18 до 30 лет и 31–45 лет (наименьшее расстояние до значка возраст). Представители органов исполнительной власти в основном мужчины (наименьшее расстояние до значка пол), при этом практически все имеют степень бакалавра или магистра и находятся в возрасте старше 31–45 лет. Следует отметить, что практики бизнеса в лице руководителей организаций сельского хозяйства в большей степени коррелируют с группой образование «специалист», в возрасте 46–60 лет. При этом большая часть женщин (наименьшее расстояние до значка пол) принадлежит именно к этой группе.

Наличие в регионе развитой сети сервисного обслуживания робототехники является значимым фактором для принятия решения о реализации проекта роботизации. В соответствии с данными рисунка 33 этот фактор оказывает наибольшее влияние на роботизацию сельского хозяйства. Так, этот фактор получил оценку 10 баллов (наибольшее влияние) у 14,6% опрошенных, при этом лишь 12,5 % анкетированных экспертов выказались, что данный фактор оказывает определяющее воздействие (9 баллов). Условный индекс фактора составил 6,71 балла. Ведущие производители роботизированного оборудования для сельского хозяйства должны стремиться расширять свое представительство в регионах.

Оценка факторов, способствующих роботизации сельского хозяйства, представлена ниже (рисунок 33).



**Рисунок 33. Оценка основных факторов пространственного развития регионов, оказывающих влияние на роботизацию сельского хозяйства, %**

Близость к региональным рынкам определяется суммой объемов рынка соседних регионов, деленных на квадрат



расстояния до них, и традиционно измеряется в миллионах рублей. Как видим по результатам опроса экспертов, этот фактор находится на втором месте по значимости. Наибольшее предпочтение данному фактору отдали 16,7% респондентов, а его условный индекс составил 6,17 балла. Таким образом, близость крупных потребителей продукции может являться значимым фактором для реализации проектов по роботизации отрасли.

Наличие высшего образования может способствовать повышению потенциала организации в освоении инноваций, к которым можно отнести цифровые технологии, в том числе робототехнику. Эксперты высоко оценили долю работников с высшим образованием в численности населения региона. Этот фактор получил оценку 10 баллов (наибольшее влияние) у 9,3%, при этом существенна доля (по 22,9%) указавших на среднее значение этого фактора. Средний индекс занятых с высшим образованием в численности населения региона составил 5,48 балла.

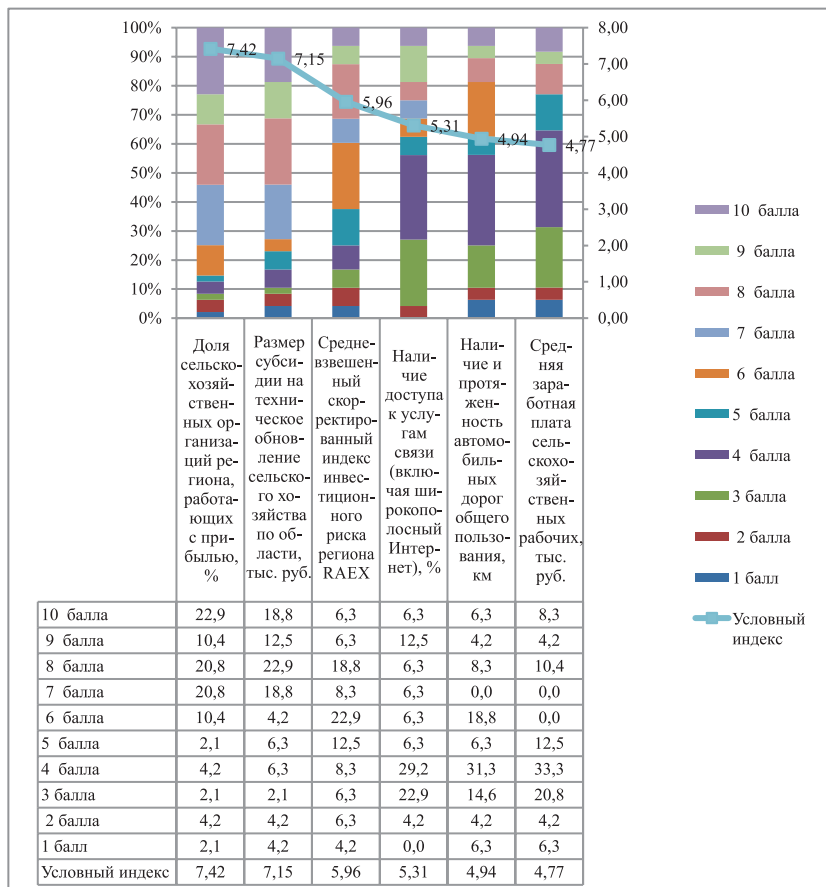
Одной из характеристик состояния человеческого капитала регионов является доля работников, занятых в сельскохозяйственном производстве. Сельское хозяйство занимает в структуре валового производства относительно небольшую долю. По данным Всемирного банка, лишь 2,8 % от мирового валового дохода приходилось на сельское хозяйство, охоту, лесное хозяйство и рыболовство [116]. При этом около 1,3 миллиарда человек (19 % мирового населения) были непосредственно заняты в сельском хозяйстве или получали доходы от деятельности, связанной с этой отраслью. Фактор пространственного развития регионов, отражающий долю работников, занятых в сельскохозяйственном производстве, по мнению экспертов, оказывает среднее воздействие на роботизацию отрасли. В общей сложности две трети полученных оценок (68,7%)

находятся в диапазоне 3-5 баллов, а условный индекс составил 4,85 балла.

Как показывает результаты исследования ученых из Великобритании, роботизированное производство позволяет даже фермам среднего размера снизить издержки до минимального уровня на единицу продукции, что дает возможность повысить конкурентоспособность. Ряд исследований показал большую инновационную активность малых фирм по сравнению с крупными организациями. Фактор, характеризующий долю малых и микроорганизаций в общей численности организаций сельского хозяйства, по мнению экспертов, оказывает средний уровень воздействия на роботизацию отрасли. Так, в четыре и пять баллов этот фактор оценила половина экспертов, а его условный индекс составил 4,65 балла.

Одним из показателей, характеризующих социально-экономическое развитие сельского хозяйства, является доля аграрного сектора экономики в ВРП региона. Установлено, что в группе регионов с долей сельского хозяйства менее 5% в ВРП регионов средняя плотность роботизации отрасли составила 1,35 работа на 10 тыс. занятых; с долей от 5 до 10% – плотность роботизации 2,33, с долей сельского хозяйства более 10% – 0,21 работа на 10 тысяч работающих в отрасли [28]. Таким образом, чем выше доля сельского хозяйства в ВРП региона, тем ниже динамика внедрения роботов. Тем не менее, эксперты отметили положительное воздействие данного фактора пространственного развития регионов на роботизацию сельского хозяйства. Как видно по результатам, 31,3% экспертов считают, что его воздействие носит ограниченный характер и находится на уровне ниже среднего (4 балла), а условный индекс составил 4,46 балла.

Факторы пространственного развития регионов, оказывающие негативное (сдерживающее) влияние на роботизацию сельского хозяйства, представлены на рисунке 34.



**Рисунок 34. Факторы пространственного развития регионов, оказывающие негативное влияние на роботизацию сельского хозяйства, %**

Финансовое состояние организаций сельского хозяйства оказывает существенное влияние на возможность

обновления материально-технической базы. Между тем лишь четвертую часть крупных и средних организаций сельского хозяйства во многих регионах РФ можно отнести к группе финансово устойчивых [3]. В условиях, когда доля организаций сельского хозяйства, работающих с прибылью, остается низкой, роботизация отрасли может осуществляться медленными темпами. Это обуславливает негативные оценки экспертами данного фактора пространственного развития регионов. Так, к 10 баллам относится 22,9% оценок, еще 52% экспертных оценок имеют высокие значения (7–9 баллов), при этом условный индекс составил 7,42 балла.

На поддержку сельского хозяйства органами государственной власти ежегодно выделяются значительные средства. Так, на компенсирующие субсидии на покупку нового оборудования в 2020 году в РФ выделено 34 млрд рублей, а на стимулирующие субсидии – 27 млрд рублей [37]. Тем не менее, уровень государственной поддержки сельского хозяйства остается на недостаточном уровне. По величине государственной поддержки на 1000 км<sup>2</sup> сельскохозяйственных угодий Россия уступает странам Евросоюза более чем в 10 раз [79]. Поэтому достаточно ожидаемыми выглядят оценки фактора, который характеризует негативное влияние размера получаемых субсидий на сельское хозяйство в регионах. Так, свыше 18,8% анкетированных указали на наибольшее влияние (10 баллов) данного фактора на роботизацию сельского хозяйства, а более половины определили этот фактор как высокий (7–9 баллов). Условный индекс этого фактора составил 7,15 балла.

Средневзвешенный скорректированный индекс инвестиционного риска региона отражает воздействие тех или иных факторов на инвестиционную безопасность и рассчитывается на основе социальных, экономических,

экологических, криминальных и прочих составляющих. Наименьшие инвестиционные риски имеют Московская, Белгородская и Липецкая области, а наибольшие риски — у республик Северного Кавказа [31]. По оценкам экспертов, влияние данного фактора на роботизацию сельского хозяйства можно оценить как высокое (31,4 % оценок в диапазоне от 8 до 10 баллов), а условный индекс составил 5,96 балла.

Показателями, характеризующими обеспеченность необходимой инфраструктурой для осуществления проектов роботизации, являются обеспеченность регионов автомобильными дорогами с твердым покрытием и обеспеченность доступа к услугам связи, в том числе к широкополосному Интернету. Установлена низкая зависимость между плотностью роботизации сельского хозяйства и обеспеченностью автомобильными дорогами с твердым покрытием (коэффициент корреляции  $-0,21$ ) и плотностью автомобильных дорог (коэффициент корреляции  $0,04$ ). При этом наличие развитой дорожной сети является необходимым условием обеспечения своевременного технического обслуживания такого сложного оборудования, как робототехника. Корреляция плотности роботизации сельского хозяйства и доли организаций, использующих Интернет, составляет  $0,10$ , и коэффициент корреляции составляет  $0,04$  между плотностью роботизации отрасли и организациями, использующими широкополосный доступ к сети Интернет [17]. С использованием сети Интернет управление робототехникой на ферме может осуществляться дистанционно, появляется возможность удаленно производить обновление программного обеспечения и т.д. Несмотря на отсутствие видимой корреляции между плотностью роботизации сельского хозяйства и развитием инфраструктуры регионов все же сложно предста-

вить использование робототехники в производстве без всемирной сети и развитой дорожной сети. Воздействие этих факторов развития регионов на роботизацию отрасли получило средние оценки (5,31 и 4,94 условных балла соответственно).

На рисунке 35 представлены факторы пространственного развития регионов, оказывающих влияние на роботизацию сельского хозяйства, с использованием в расчетах коэффициента корреляции Пирсона.

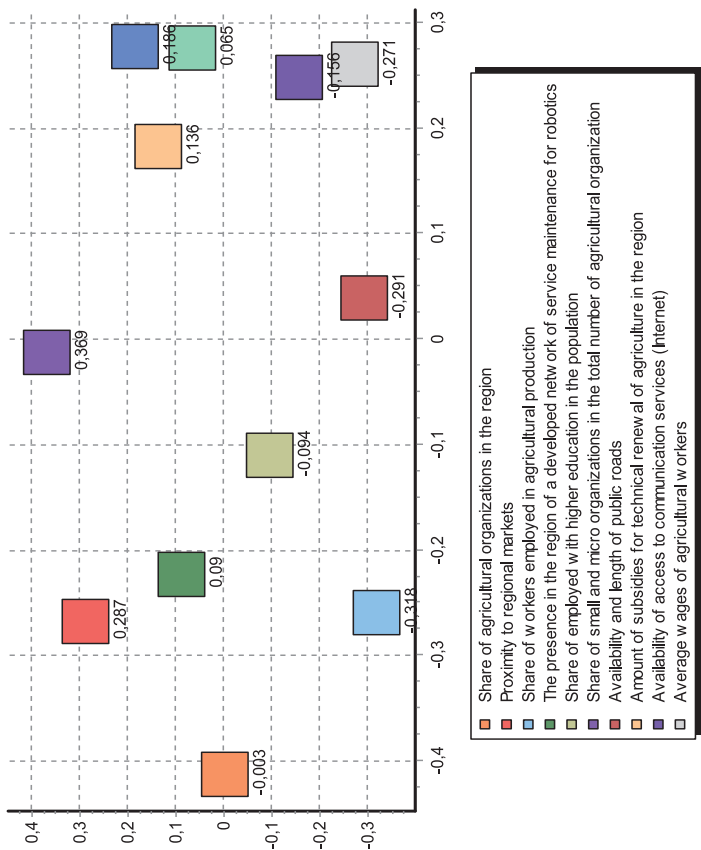
Как показывает анализ результатов экспертного опроса (коэффициент корреляции Пирсона), наибольшая корреляция (0,369) оценок экспертов относится к фактору «Обеспеченность доступа к услугам связи (в том числе к широкополосному Интернету)», а наименьшая корреляция (0,318) – к фактору «Доля работников, занятых в сельскохозяйственном производстве».

Относительные и средние оценки факторов пространственного развития регионов представлены в таблице 17.

Таблица 17

**Относительные и средние оценки факторов пространственного развития регионов, баллов**

Фактор (индикаторов) пространственного развития регионов	Средняя оценка фактора	Относительная оценка фактора	Ранг фактора
Доля организаций сельского хозяйства региона, работающих с прибылью, %	-7,6	-0,109	1
Величина субсидий на техническое обновление сельского хозяйства региона, тыс. руб.	-7,3	-0,105	2
Наличие в регионе развитой сети сервисного обслуживания робототехники, шт.	6,9	0,099	3



**Рисунок 35. Двухмерная проекция корреляции факторов пространственного развития регионов, оказывающих влияние на роботизацию сельского хозяйства (коэффициент корреляции Пирсона), Доли единицы**

## Окончание таблицы 17

Близость к региональным рынкам, млн руб.	6,3	0,091	4
Средневзвешенный скорректированный индекс инвестиционного риска региона, RAEX	-6,1	-0,088	5
Доля занятых с высшим образованием в численности населения, %	5,6	0,081	6
Обеспеченность доступа к услугам связи (в том числе к широкополосному Интернету), %	-5,4	-0,078	7
Наличие и протяженность дорог общего пользования, км	-5,0	-0,073	8
Доля работников, занятых в сельскохозяйственном производстве	5,0	0,072	9
Средняя заработная плата работников сельского хозяйства, тыс. руб.	-4,9	-0,070	10
Доля малых и микроорганизаций в общей численности организаций сельского хозяйства, %	4,7	0,069	11
Доля организаций сельского хозяйства в ВРП региона, %	4,5	0,065	12

Как видно по данным таблицы, к наиболее значимым факторам развития регионов, препятствующим роботизации сельского хозяйства, относятся доля организаций сельского хозяйства региона, работающих с прибылью, и величина субсидий на техническое обновление сельского хозяйства региона. Эти факторы имеют наиболее высокие средние (7,6 и 7,3 балла соответственно) и относительные (0,109 и 0,105) оценки. Средний уровень негативного влияния могут оказать инвестиционные риски региона (относительная оценка 0,088 балла). К факторам развития регионов, наиболее способствующим роботизации, можно отнести наличие в регионе развитой сети сервисного обслуживания робототехники (относительная оценка



0,099 балла) и близость к региональным рынкам (относительная оценка 0,091 балла). Средний уровень положительного воздействия может оказать наличие (доля) работников с высшим образованием в численности населения (относительная оценка 0,081 балла). Таким образом, факторы пространственного развития регионов, препятствующие роботизации сельского хозяйства, получили более высокие оценки по сравнению с благоприятствующими факторами.

Обеспеченность доступа к услугам связи, в том числе к широкополосному Интернету, является необходимым условием применения робототехники в производстве. Результаты исследования позволяют также выделить факторы, которые способствуют и препятствуют роботизации сельского хозяйства и соответствующих сельских территорий. Их учет позволит выбрать оптимальные меры воздействия на них с целью активизации деятельности по роботизации производства сельских территорий. В частности для активизации деятельности по роботизации сельского хозяйства необходимо снизить воздействие негативных факторов развития регионов. Так, необходимо уделить внимание финансовому оздоровлению организаций аграрного сектора экономики, повысить субсидирование затрат на приобретение робототехники, разработать меры по снижению инвестиционных рисков, в частности льготного страхования проектов по роботизации ферм. Необходимо увеличить влияние положительных факторов развития регионов. В том числе необходимо способствовать развитию дилерской сети сервисного обслуживания робототехники, разработать и реализовать меры по государственной поддержке развития рыночной инфраструктуры для торговли продукцией сельского хозяйства, осуществлять системную подготовку кадров, способных осваивать

робототехнику в сельском хозяйстве. Данные анализа могут быть использованы при построении пространственной модели роботизации сельского хозяйства в зависимости от различных социально-экономических характеристик регионов и при зонировании сельских территорий по целесообразности роботизации отрасли.

## 7. Исследование типов организаций сельского хозяйства по размеру, уровню концентрации производства в которых целесообразно применять робототехнику

**П**рименение робототехники в сельском хозяйстве широко обсуждается в академических кругах и практиками бизнеса [65, 106]. Однако эффективность применения роботов в организациях сельского хозяйства исследована недостаточно, прежде всего потому, что эта техника относительно недавно появилась на фермах. Анализ ученых из Университета Кентукки показал, что робототехника будет иметь относительные экономические преимущества для хозяйств широкого диапазона размеров, но особенно она эффективна для небольших хозяйств [107]. Другая группа американских ученых отмечает, что роботизированные доильные системы являются наиболее приемлемыми для небольших молочных ферм, обычно встречающихся в северо-восточных и верхне-среднезападных штатах [102]. Так или иначе, доильная робототехника обладает существенными преимуществами. Во-первых, ее использование позволяет сократить потребности в рабочей силе при доении [73]. Использование роботизированного доения может высвободить время для управления фермой, семейных и развлекательных мероприятий. Второе преимущество состоит в увеличе-

нии количества производства молока [76,94]. Это достигается, как правило, за счет повышения кратности доения.

Представляется актуальным определить оптимальный размер и уровень концентрации производства в организации сельского хозяйства, в которой целесообразно использовать робототехнику. Для этого использован подход с применением метода группировок. В качестве критериев для отнесения организаций сельского хозяйства к определенным группам послужили нормы, установленные Федеральным законом № 209-ФЗ «О развитии малого среднего предпринимательства в Российской Федерации» [33]. Другим источником норм для группировок послужило Постановление Правительства РФ от 13.07.2015 № 702 «О предельных значениях выручки от реализации товаров (работ, услуг) для каждой категории субъектов малого и среднего предпринимательства» [32]. Для характеристики уровня концентрации производства использован показатель фондовооруженности, рассчитанный как отношение стоимости основных производственных фондов к численности работников. Сведения об экономической деятельности организаций получены в открытых источниках. Период анализа составил 6 лет, с 2015 по 2020 годы.

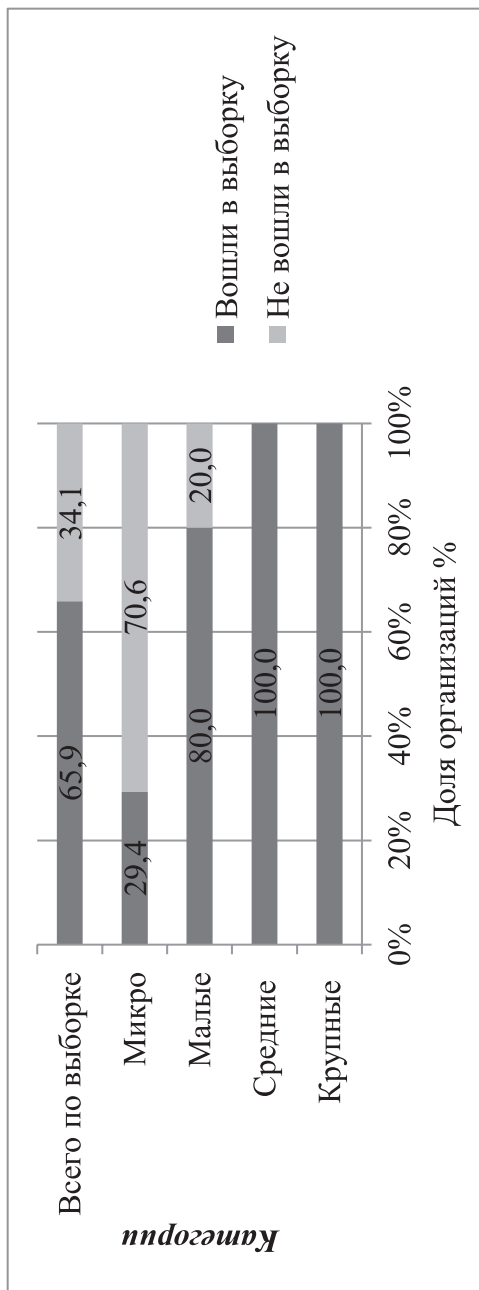
Прежде всего, выполнен анализ структуры организаций сельского хозяйства с робототехникой по численности персонала и выручке от реализации. Затем проведена группировка организаций сельского хозяйства с робототехникой по численности персонала и выручке от реализации и определены основные показатели экономической эффективности их деятельности. На заключительном этапе выполнен анализ организаций сельского хозяйства с робототехникой по уровню концентрации производства (фондовооруженности).

В исследовании были задействованы организации сельского хозяйства, расположенные в нескольких регионах РФ. К этим регионам относятся Свердловская, Калужская, Вологодская, Ленинградская, Тюменская, Рязанская области и Республика Коми. При последующей обработке выборки были исключены нерепрезентативные организации со среднесписочной численностью, равной одному человеку, и выручкой от реализации ноль рублей. Это позволило исключить организации сельского хозяйства неформального сектора. Несмотря на то, что в первоначальной выборке насчитывалось 44 организации сельского хозяйства, в финальном варианте их количество сократилось до 29-ти. Процесс отбора организаций сельского хозяйства в итоговой выборке представлен на рисунке 36.

Как видно по данным рисунка, в финальной выборке остались все организации сельского хозяйства, которые относятся к крупным и средним по количеству работников. При этом в финальную выборку не вошли 20% малых организаций и 70,6% микроорганизаций. Всего от общего количества в исходной выборке было отсеяно 34,1%.

Исследование типов организаций сельского хозяйства по размеру и уровню концентрации производства, в которых целесообразно применять робототехнику, сопряжено с определенными трудностями, поскольку нет возможности учесть степень роботизации производства, размер получаемых государственных субсидий, различные методы производства, различия в качестве и других факторов. В качестве допущения принято, что робототехника оказывает значительное влияние на результаты производственной деятельности и финансовые результаты исследуемых организаций.

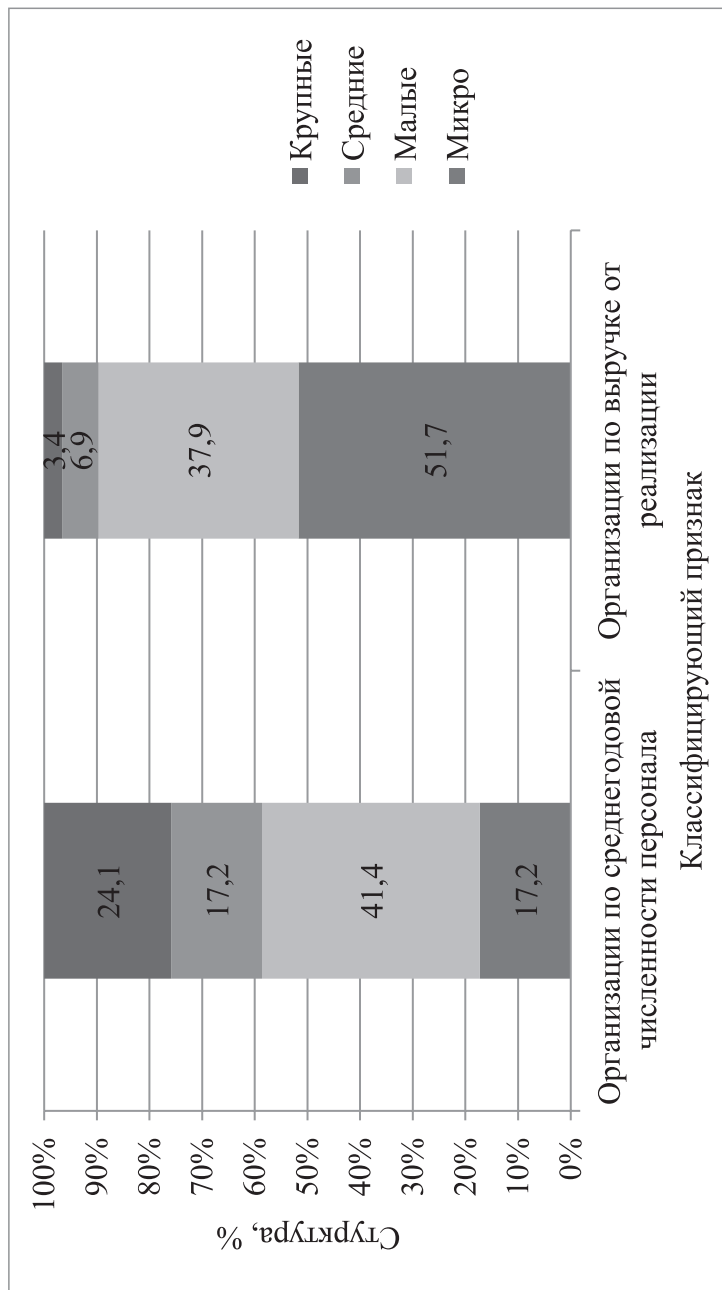
На следующем этапе исследования была проведена группировка организаций сельского хозяйства с робо-



**Рисунок 36. Структура организаций сельского хозяйства исходной выборки (по численности работников), %**

тотехникой, позволяющая понять их ключевые характеристики. Как уже было отмечено, в соответствии с российским законодательством по размерам или масштабам своей деятельности организации относятся к крупным, средним, малым и микро- в зависимости от численности работников и размера выручки от реализации продукции (рисунок 37).

Как видно по данным рисунка, по численности персонала большую часть выборки (41,4%) составляют малые организации с количеством работников от 16 до 100 человек и крупные организации (24,1%) с численностью работников более 250 человек. Равное количество организаций представлено микро (0–15 человек) и средними (101–250 человек) фирмами (по 17,2%). По выручке от реализации наибольшее количество составили микро- (выручка до 120 тыс. рублей) и малые (выручка от 120 до 800 тыс. рублей) организации – 51,7 % и 37,9% соответственно. Незначительную долю составляют средние (801–2000 тыс. рублей) и крупные (свыше 2000 тыс. рублей) организации – 6,9% и 3,4 % соответственно. Это означает, что микро- и малые организации играют существенную роль в реализации проектов по роботизации ферм. Так, по среднегодовой численности персонала микро и малые организации сельского хозяйства составляют 58,6 %, а по выручке от реализации 89,7% от общего количества, задействованных в исследовании. Эти выводы можно считать предварительными, поскольку весьма вероятно, что не все организации сельского хозяйства с роботами были охвачены исследованием. Однако случайная выборка охватывает регионы с наибольшей плотностью роботизации сельского хозяйства (Калужская – 42,7 работа на 10 тыс. занятых, Рязанская – 14,1, и Свердловская – 6,3 и т.д.). В том числе в выборке находятся крупнейшие роботизированные сельскохозяй-



**Рисунок 37. Структура организаций сельского хозяйства с робототехникой по численности персонала и выручке от реализации, %**



ственные организации: ООО «Вакинское агро» Рязанской области (35 роботов) и ООО «Калужская Нива» Калужской области (32 работа).

Группировка организаций сельского хозяйства с робототехникой по численности работников, а также основные показатели, характеризующие эти группы, представлены в таблице 18.

Таблица 18

**Группировка организаций сельского хозяйства с робототехникой по численности работников**

Показатели	Численность работников, чел.			
	0-15	16-100	101-250	Более 250
Количество организаций в группе, шт.	5	12	5	7
Выручка от реализации продукции, тыс. руб.	190251,3	814445,3	750647,0	6803294,0
Себестоимость продукции, тыс. руб.	189121,0	845174,5	706370,3	6150758,5
Прибыль (убыток) от реализации продукции, тыс. руб.	1130,3	-30729,2	44276,7	652535,5
Чистая прибыль (убыток) с учетом субсидий, тыс. руб.	28042,8	112760,5	95184,3	281237,5
Численность работников в группе, чел.	48,0	549,0	672,0	4476,0
Выручка от реализации продукции на 1 работника, тыс. руб.	3963,6	1483,5	1117,0	1519,9
Прибыль от реализации продукции на 1 работника, тыс. руб.	584,2	205,39	141,6	62,8
Рентабельность продаж, %	0,6	-3,6	6,3	10,6
Рентабельность с учетом субсидий, %	14,8	13,3	13,5	4,6

## Окончание таблицы 18

Количество роботов в группе, шт.	19	43	18	93
Плотность роботизации, роботов на 10 тыс. занятых.	0,40	0,078	0,027	0,021
Стоимость основных производственных фондов в среднем на одну организацию, тыс. руб.	100126	97225	257714	1988980
Фондовооруженность, тыс. руб. на 1 работника	10429,8	2125,1	1917,5	3110,6

Как видно по данным таблицы 18, наибольшее количество организаций сельского хозяйства наблюдается среди малых предприятий – 12 единиц. Наиболее многочисленной по количеству работников является группа крупных организаций (4476 человек), поскольку только в одной ООО «Калужская Нива» в среднем за 6 лет работало 1644 человек. Наибольшая выручка от реализации продукции на одного работника (3963,6 тыс. рублей) зафиксирована в группе микроорганизаций. Наибольшая прибыль от реализации продукции (584,2 тыс. руб.) также наблюдается в группе микроорганизаций. В группе крупных организаций с численностью работников более 250 человек используются 93 единиц робототехники, в основном в доении животных. Наибольшая стоимость основных производственных фондов в расчете на одну организацию составляет около 2 млрд рублей, при этом фондовооруженность в этой группе уступает микроорганизациям. Наибольшая концентрация производства (фондовооруженность 10429,8 рубля на одного работника) также наблюдается по группе микроорганизаций. Наибольшая плотность роботизации составила 0,4 работа на 10 тыс. занятых в данной группе.

Группировка организаций сельского хозяйства с робототехникой по выручке от реализации, а также основные показатели, характеризующие эти группы, представлены в таблице 19.

Таблица 19

**Группировка организаций сельского хозяйства с робототехникой по выручке от реализации**

Показатели	Выручка, тыс. руб.			
	0-120	120-800	801-2000	Свыше 2000
Количество организаций в группе, шт.	15	11	2	1
Выручка от реализации продукции, тыс. руб.	714614	2604253	1974201	3265570
Себестоимость продукции, тыс. руб.	761653	2498862	1842855	2788054
Прибыль (убыток) от реализации продукции, тыс. руб.	-47039	105391	131347	477516
Чистая прибыль (убыток) с учетом субсидий, тыс. руб.	111258	337383	-11190	79773
Численность работников в группе, чел.	507	2708	886	1644
Выручка от реализации продукции на 1 работника, тыс. руб.	1409,5	961,7	2228,2	1986,4
Прибыль от реализации продукции на 1 работника, тыс. руб.	219,4	124,6	-12,6	48,5
Рентабельность продаж, %	-6,18	4,22	7,13	17,13
Рентабельность с учетом субсидий, %	14,6	13,5	-0,6	2,9
Количество роботов в группе, шт.	50	48	43	32

## Окончание таблицы 19

Плотность роботизации, роботов на 10 тыс. занятых.	0,099	0,018	0,049	0,019
Стоимость основных производственных фондов в среднем на одну организацию, тыс. руб.	95400,1	283594,5	2053517,5	8330705,0
Фондовооруженность, тыс. руб. на 1 работника	2822,5	1152,0	4635,5	5067,3

Как видно по данным таблицы, наибольшее количество организаций имеет выручку до 120 тыс. рублей и относится к микрофирмам. При этом наибольшая численность работников (2708 человек) наблюдается по группе малых организаций. Следует отметить, что выручка и прибыль от реализации одной крупнейшей организации – агрохолдинга ООО «Калужская Нива» – превышает аналогичные показатели каждой из групп организаций. Однако по группе микроорганизаций прибыль от реализации продукции на 1 работника составила 219,4 тыс. рублей, что выше, чем по крупным организациям, почти в 4,5 раза. Следует заметить, что убыточность продаж в микроорганизациях составляет -6,18%, однако за счет субсидий рентабельность составляет 14,6%. Этот показатель выводит группу микроорганизаций на первое место по показателям эффективности. Важным результатом является то, что плотность роботизации в микроорганизациях существенно выше, чем в других группах. Это связано с тем, что в микроорганизациях фермер зачастую лично выполняет подсобные работы без найма дополнительных работников, а трудоемкие и монотонные операции, связанные с доением животных, выполняются с применением доильного робота.

Ранжирование групп организаций по различным показателям состоит в присвоении номера от 1 до 4, в поряд-

ке убывания степени выраженности (места) данного показателя среди четырех групп (в таблице 20).

Таблица 20

**Ранжирование групп организаций  
по различным показателям**

Показатели	Численность работников, чел.			
	0–15	16–100	101–250	Более 250
	Ранги			
Плотность роботизации, роботов на 10 тыс. занятых.	1	2	3	4
Количество роботов в группе, шт.	3	2	4	1
Прибыль от реализации продукции на 1 раб, тыс. руб.	1	2	3	4
Рентабельность с учетом субсидий, %	1	3	2	4
Фондовооруженность, тыс. руб. на 1 работника	1	3	4	2
Показатели	Выручка, тыс. руб.			
	0-120	120-800	801-2000	Свыше 2000
	Ранги			
Плотность роботизации, роботов на 10 тыс. занятых.	1	4	2	3
Количество роботов в группе, шт.	1	2	3	4
Прибыль от реализации продукции на 1 раб, тыс. руб.	1	2	4	3
Рентабельность с учетом субсидий, %	1	2	4	3
Фондовооруженность, тыс. руб. на 1 работника	3	4	2	1

Как видно по таблице 20, наибольшее количество рангов с номером 1 наблюдается по группе микроорганизаций. Следует заметить, что лидирующие позиции по боль-

шинству значимых показателей данная группа имеет и по классификации организаций по численности работников и по классификации по выручке от реализации продукции. По ряду позиций малые организации занимают второе место.

Таким образом установлено, что микро- и малые организации играют существенную роль в реализации проектов по роботизации ферм. Так по среднегодовой численности персонала микро- и малые организации сельского хозяйства составляют 58,6 %, а по выручке от реализации 89,7% от общего количества организаций, задействованных в исследовании. Можно рекомендовать использование робототехники в сельском хозяйстве в микро- (до 15 человек или выручкой до 120 тыс. рублей) и малых (от 15 до 100 человек или выручкой от 120–800 тыс. рублей) организациях, поскольку по этим группам организаций выявлена наибольшая эффективность. К организациям с наиболее концентрированным производством (наибольшая фондовооруженность на одного работника) также можно отнести микро- организации. Следует заметить, что более обоснованные выводы о целесообразности применения робототехники в сельском хозяйстве в зависимости от типов организаций по размеру и уровню концентрации производства можно получить, обследовав как можно большее количество данных организаций. Это может составлять предмет дальнейших исследований.

## 8. АНАЛИЗ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ С РОБОТОТЕХНИКОЙ С УЧЕТОМ ИХ УДАЛЕННОСТИ

По оценкам экспертов, к 2040 г. численность сельских жителей сократится почти на 5 млн чел. и достигнет, по разным оценкам, 29,3–34,7 млн [1], а доля трудоспособного населения в трудоспособном возрасте составит менее половины его численности. Данные тенденции характерны для депрессивных областей Северо-Запада и центра европейской части страны, регионов Дальнего Востока почти с повсеместно сокращающимся сельским населением и сельскохозяйственным производством. С 50-х годов прошлого века наблюдается тенденция к падению занятости в аграрном секторе. Это характерно как для развитых, так и для развивающихся стран [16] и связано, главным образом, с изменением социальных ожиданий населения.

В условиях негативной демографии ряда сельских территорий и необходимости увеличения объемов и качества выпускаемой продукции организации сельского хозяйства сталкиваются с альтернативой при выборе различных трудосберегающих технологий [16,14]. В последнее время все большее количество хозяйствующих субъектов аграрного сектора экономики принимают решение о применении робототехники, так как это позволяет получить существенные преимущества по сравнению с традиционной технологией.

Немаловажным фактором роботизации остается территориальное расположение субъектов экономики. Казалось бы, новейшие технологии должны снизить влияние географического расположения компаний для результатов их экономической деятельности [81], однако регионы расположенные ближе к крупным городам становятся лидерами экономического развития [49,66]. Региональные факторы продолжают оказывать существенное влияние на способность организаций развивать инновации [62].

Изучение удаленности организаций сельского хозяйства с робототехникой от районных и областных центров позволит лучше понимать происходящие изменения в социально-экономическом развитии сельских территорий. При роботизации сельского хозяйства необходимо учитывать региональные особенности и специфику конкретных отраслей аграрного производства. Можно выделить региональные особенности роботизации, которые могут быть связаны с особенностями сельских территорий. К данным особенностям следует отнести уровень и условия социально-экономического развития, уровень урбанизации, развитость инфраструктуры, демографическую ситуацию, конкурентоспособность аграрной сферы и ее возможности по привлечению рабочей силы по сравнению с другими отраслями и др. Это заставляет задуматься над некими общими предпосылками ее внедрения, связанными с характеристиками сельских территорий.

Необходимо заметить, что в настоящее время отсутствует единое мнение относительно трактовки понятия «сельские территории» [40] в научной литературе [42,110]. Наиболее полно рассматриваемое понятие раскрывается в рамках методологии Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), согласно которой сельские территории — это территории, охватывающие население,



землю и другие ресурсы открытого ландшафта и мелких поселений за пределами зон прямого влияния крупных городских центров. Данные характеристики и особенности сельских территорий в условиях роботизации сельского хозяйства недостаточно изучены, что определяет актуальность данного исследования. Выделение данных характеристик позволит повысить эффективность решений по разработке и реализации программ инновационного развития сельского хозяйства, технической модернизации отрасли, роботизации аграрного сектора экономики.

Основное предположение состоит в том, что организации сельского хозяйства внедряют робототехнику по причине дефицита кадров. В свою очередь, это связано со стремлением людей реализовать свой трудовой потенциал в отраслях, не связанных с сельским хозяйством. Данные обстоятельства позволяют предположить, что сельские территории будут обладать рядом общих характеристик. Так, существенной характеристикой данных территорий будет доля сельского населения, которая является основой для базовой типологии территорий ОЭСР. Наличие крупного города неподалеку оказывает воздействие на социально-экономические характеристики территории. Город предоставляет больше возможностей для реализации своей рабочей силы, в нем есть потенциал для повышения квалификации и удовлетворения ряда социально-культурных потребностей.

Другой значимой характеристикой, по нашему мнению, является удаленность от районного и областного центров. Проживание в сельских территориях не всегда связано с трудовой деятельностью в сельском хозяйстве. Люди сознательно предпочитают проживать в пригороде или сельской местности и работать в крупном или среднем городе

неподалеку, что позволяет относительно быстро добираться до рабочего места.

Близость объектов может быть оценена с помощью различных мер расстояния [2]. Наиболее простым является измерение геодезического расстояния по прямой. Наиболее экономически целесообразным является измерение реальных расстояний по протяженности железнодорожных, автомобильных путей, судоходных участков рек и т. д. [21]. В расчетах удаленности будем измерять расстояние от организации с робототехникой до районного и областного центров при помощи приложения Google Maps. В случае, если на поездку в ближайший областной центр требуется больше часа, территория считается удаленной [64]. Для определения длительности поездки используем среднюю скорость легкового автомобиля ( $\approx 80$  км/ч) на автомобильном шоссе как наиболее удобного и распространенного способа передвижения между населенными пунктами.

В научной литературе содержится множество критериев типологии сельских территорий: плотность населения, особенности природного ландшафта [77], заселенность деревень [10], специфика хозяйственной деятельности [84], развитость с экономической точки зрения [5] и другие. По нашему мнению, наиболее полно цели исследования соответствует подход в рамках методологии ОЭСР, в основе которого лежат два признака: доля сельских жителей в общей численности населения и удаленность сельских территорий от крупных городов. В качестве последних следует рассматривать районные и областные центры.

Данные характеристики сельских территорий представляются нам наиболее приемлемыми для анализа, так как не подвержены резким изменениям. Демографические и административно-территориальные перемены происхо-

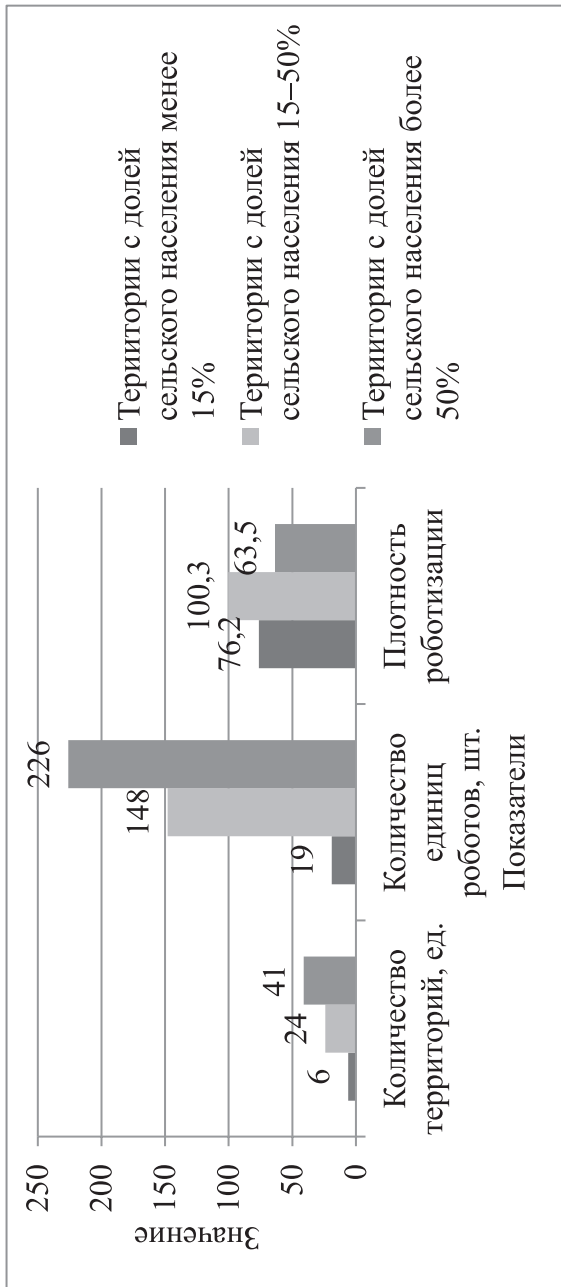
дят на масштабных временных отрезках и, как правило, без труда фиксируются, что позволяет избегать существенных трудностей при анализе в процессе исследований [21].

В рамках методологии ОЭСР предлагаются следующие типы территорий:

- преимущественно городские;
- смешанные пригородные;
- смешанные удаленные;
- преимущественно сельские пригородные;
- преимущественно сельские удаленные.

В соответствии с методологией ОЭСР территории с долей сельского населения менее 15% относятся к преимущественно городским. К данным территориям можно отнести 6 муниципальных образований Российской Федерации, в которых хозяйствующие субъекты применяют робототехнику в сельскохозяйственном производстве. Общее количество роботов в них составило 19 единиц, или 4,8% от их общего количества (рисунок 38).

К смешанным территориям с долей сельского населения от 15 до 50% можно отнести 24 муниципальных образования, в которых применяется 37,7% всей сельскохозяйственной робототехники. В данных территориях наибольшая плотность роботизации, что, по нашему мнению, связано с желанием фермеров снизить зависимость от дефицита кадров. В свою очередь дефицит кадров связан с низкой удовлетворенностью граждан трудом в отрасли [53,67]. Кроме того, в сельском хозяйстве, как правило, ниже уровень заработной платы по сравнению с другими отраслями экономики, что заставляет население реализовать свой трудовой потенциал в других отраслях народного хозяйства. Часть жителей этих территорий регулярно совершает поездки на заработки в близлежащие крупные города. Наибольшая доля робототехники (57,5% от ее об-



**Рисунок 38. Распределение территорий, в которых в сельском хозяйстве используют роботов, по доле сельского населения**

щего количества) применяется в организациях, находящихся на территориях с долей сельского населения более 50%. Однако здесь – наименьшая плотность роботизации. Можно предположить, что данные территории в меньшей степени обеспечены соответствующей инфраструктурой, что затрудняет процесс их роботизации.

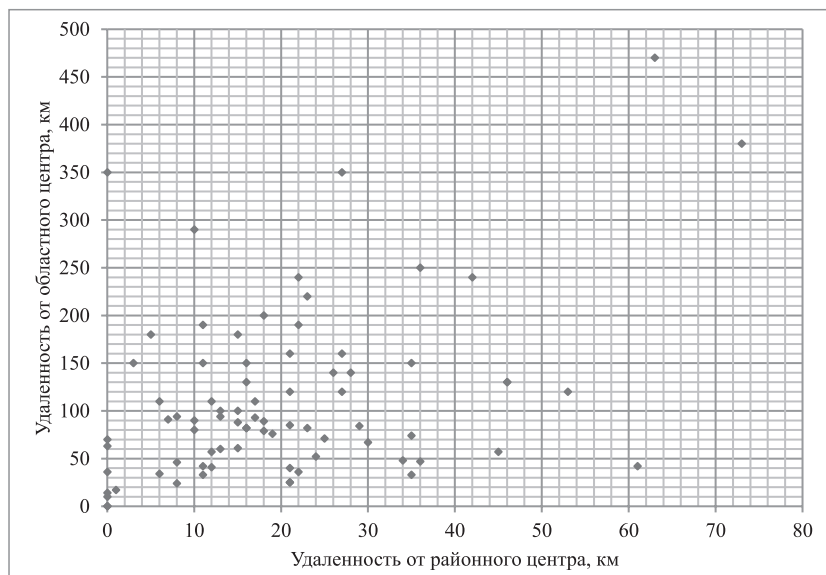
Важной характеристикой сельских территорий является их удаленность, которая оказывает существенное влияние на обеспеченность населения благами цивилизации: наличием медицинских учреждений, наличием высокооплачиваемой работы, возможностью разнообразного досуга и т.д. Многие авторы указывают на повышенный уровень безработицы и более низкий уровень грамотности в удаленных сельских территориях [93]. Кроме того, отмечают повышенную долю структурной безработицы [7] и «скрытую безработицу» [8,54].

В ряде случаев решающим фактором при принятии решений о внедрении инноваций является доступность сервисного обслуживания [92]. Дело в том, что в случаях поломки роботов помощь оказывается в течение нескольких часов, иначе фермеры могут понести существенные убытки из-за простоев оборудования.

Важным является удаленность хозяйствующего субъекта не только от областного центра, но и от районного центра, где могут располагаться пункты сервисного обслуживания роботов и центры притяжения рабочей силы (рисунок 39).

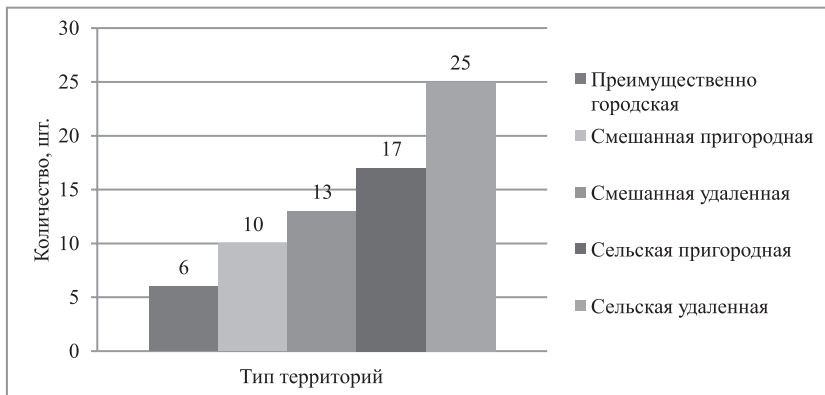
Из данных рисунка видно, что значительное количество (39%) хозяйствующих субъектов, использующих робототехнику, расположено в непосредственной близости (до 80 км) от областных центров. Это может быть связано как с необходимостью хозяйств в покрытии дефицита кадров в результате трудовой миграции в город, так и с наличи-

ем необходимой инфраструктуры для применения робототехники. К последнему можно отнести наличие дорог с твердым покрытием, доступ к широкополосному Интернету и т.д. В ряде случаев (8,4%) организации сельского хозяйства находятся непосредственно в городской черте.



**Рисунок 39. Удаленность организаций сельского хозяйства, использующих робототехнику, от районных и областных центров, км**

В среднем по группе исследуемых организаций сельского хозяйства удаленность от областного центра составляет 109,9 км, от районного центра – 20,5 км. Отдельные организации находятся на значительном удалении от областного центра (200 км и выше). Распределение организаций сельского хозяйства, применяющих робототехнику в аграрном производстве, по удаленности представлено на рисунке 40.



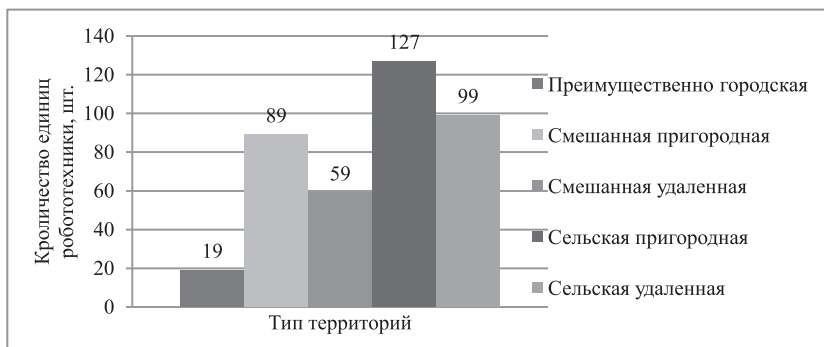
**Рисунок 40. Количество территорий, на которых применяется робототехника**

Из данного рисунка видно, что наибольшее количество территорий, на которых используется робототехника в аграрном производстве, относится к преимущественно сельским пригородным – 23,9% от общего их количества и удаленным – 35,2%. Из числа смешанных территорий преобладают удаленные – 18,3%, а к смешанным пригородным относится 14,1% от общего их количества. К преимущественно городским территориям можно отнести те, которые сосредоточены вокруг ядер областных агломераций: городов Калуга, Южно-Сахалинск, Петропавловск-Камчатский. В общей сложности к городским относятся 6 территорий, или 8,5% от их общего числа, с долей сельского населения менее 15%.

Количество единиц робототехники в различных территориях представлено на рисунке 41.

Как видно по данным рисунка, наибольшее количество роботов применяется в сельских территориях пригородного типа – в 32,3% от их общего количества. Очевидно, это вызвано сочетанием двух факторов. С одной стороны, весьма высоким уровнем развития сельскохозяйственно-

го производства, с другой – близостью к крупным городам, которые, как правило, являются центрами притяжения рабочей силы. Значительная часть населения данных территорий не стремится реализовать свой трудовой потенциал в аграрной сфере даже при наличии вакансий, что вынуждает аграриев находить замену в виде роботов.



**Рисунок 41. Количество единиц робототехники на сельских территориях различного типа, шт.**

Особое значение применение робототехники на сельских территориях имеет для улучшения условий труда работников, снижения профзаболеваемости и травматизма на производстве, повышения творческого характера труда, снижения зависимости от дефицита кадров. Это особенно важно при использовании робототехники на опасных, тяжелых и монотонных видах работ в сельском хозяйстве.

Просматривается связь между плотностью роботизации и типом сельской территории (таблица 21).

Из данных таблицы видно, что наибольшая плотность робототехники наблюдается в смешанных пригородных территориях (114,0) и смешанных удаленных территориях (94,2). Что косвенным образом свидетельствует об изменении социальных ожиданий жителей сельских территорий,



которые не стремятся реализовать свой трудовой потенциал в сельском хозяйстве. Это подтверждает ранее заявленное положение, что организации сельского хозяйства, находящиеся на пригородных территориях, испытывают дефицит кадров и вынуждены применять робототехнику.

Таблица 21

### Плотность роботизации территорий

Тип территории	Количество роботов	Количество занятых в сельском хозяйстве, чел.	Плотность роботизации
Преимущественно городская	19	2492	76,2
Смешанная пригородная	89	7804	114,0
Смешанная удаленная	59	6260	94,2
Сельская пригородная	127	15348	82,7
Сельская удаленная	99	19635	50,4

Наименьшая плотность роботизации наблюдается в сельских удаленных территориях. Это может быть связано с менее развитой инфраструктурой и тенденцией понижения доходов данных сельских территорий [114]. На это косвенно указывает тот факт, что вся применяемая робототехника – импортного производства и она труднодоступна фермерам. Данные положения требуют дальнейших исследований. Следует также заметить, что в среднем по группе исследуемых сельских территорий плотность роботизации составила 76,3. В то же время в среднем по экономике страны данный показатель составил 3,0 [36].

Наблюдается существенная дифференциация количества применяемой робототехники в аграрном секторе по регионам страны. Вместе с тем роботизация сельских территорий – объективный процесс, связанный с желанием

субъектов аграрного сектора экономики снизить дефицит кадров и повысить качество выполняемых работ. Данный процесс с различной интенсивностью осуществляется на территории РФ, в ряде территорий данная техника не внедряется. Сельские территории можно охарактеризовать долей сельского населения, удаленностью от крупных городов и плотностью роботизации. Наибольшая доля роботов сосредоточена в пригородных территориях сельского и смешанного типов.

Плотность робототехники в сельских удаленных территориях меньше, как и предполагалось. Это позволяет сделать вывод, что модернизация и переход на робототехнику в удаленных территориях будет происходить медленнее ввиду более низких доходов организаций сельского хозяйства и недостаточного развития инфраструктуры. Что заставляет в свою очередь предложить механизм, направленный на приоритетную роботизацию данных районов. В противном случае ввиду нарастающих депуполяционных процессов удаленные сельские территории обречены на технологическое отставание и дальнейшее развитие стагнационных процессов. Результаты исследования позволяют сделать вывод о необходимости сохранения человеческого потенциала, поскольку роботизация требует больших инвестиций. Вместе с тем поддержание потенциала кадров связано с дополнительными затратами, которые организации сельского хозяйства также не готовы нести.

## 9. ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ РОБОТИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА [88]

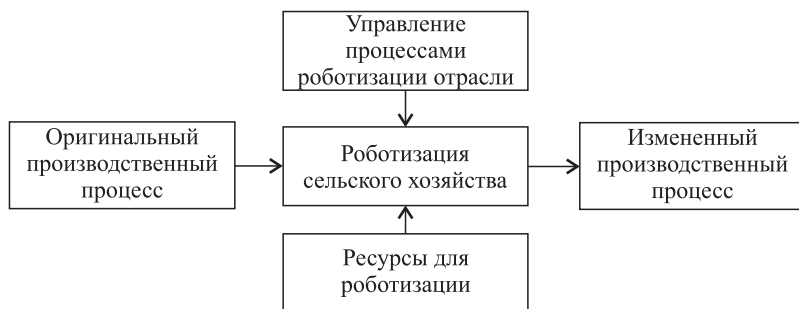
Применение робототехники становится ключевым элементом новой технологической реальности в сельском хозяйстве. В настоящее время с применением роботов выполняют широкий спектр операций в сельском хозяйстве, которые еще два десятка лет являлись прерогативой исключительно человеческой деятельности. Это происходит в то время, когда фермеры системно испытывают дефицит рабочей силы, и — с учетом того, что мировое население, как ожидается, вырастет с 7,7 до 9,7 миллиарда человек всего за 30 лет [115] — спрос на продовольствие будет значительно расти. Одной из причин, актуализирующих применение робототехники, является необходимость снижения вредного воздействия на окружающую среду. Чрезмерное использование минеральных удобрений, пестицидов и гербицидов фермерами вручную приводит к загрязнению окружающей среды, в том числе углеродным, азотным и водным следом, загрязнению воды, деградации почвы и так далее [47]. Применение робототехники позволяет производить точечное внесение удобрений, пестицидов и гербицидов, позволяющее снизить вредное воздействие на природу [105]. Другой важной причиной, актуализирующей необходимость

применения робототехники в сельском хозяйстве, является изменение климата [99]. Применение роботов дает возможность заниматься сбором данных для разработки более точных и подходящих стратегий адаптации в условиях изменения климата [48].

Основная гипотеза состоит в том, что роботизация сельского хозяйства в России осуществляется под влиянием региональных особенностей и социально-экономических характеристик регионов и сельских территорий. К этим особенностям следует отнести уровень и условия социально-экономического развития, уровень урбанизации, развитость инфраструктуры, демографическую ситуацию, конкурентоспособность аграрной сферы и ее возможности по привлечению рабочей силы по сравнению с другими отраслями и др. Необходимо выделить региональные особенности роботизации, которые могут быть связаны с особенностями сельских территорий. В качестве основного результата исследования будет создана экономико-математическая модель пространственной роботизации сельского хозяйства России в зависимости от различных социально-экономических характеристик регионов. Значимость результатов состоит в возможности их использования в разработке обоснованных мер по приоритетной роботизации аграрного производства сельских территорий и регионов, где данная деятельность протекает медленными темпами или не осуществляется, и таким образом допущено и усиливается технологическое отставание.

Методология математического моделирования роботизации сельского хозяйства по регионам основана на системном подходе к исследованию (фон Берталанфи, Богданов и др.) и на алгебраическом подходе к моделированию, которое, по нашему мнению [87], представляет собой систему из трех компонентов: 1) система базовых

моделей; 2) система типовых преобразований и типовых комбинаций моделей; 3) механизм аппроксимирования, предназначенный для, вообще говоря, приближенного представления создаваемой или исследуемой модели в виде результата применения типовых преобразований и типовых комбинаций базовых моделей. Основой применения алгебраического подхода к моделированию является предложенная нами формально-конструктивная трактовка модели. Обычно определение модели базируется на том или ином требовании «похожести» образа на его прототип. Примером является требование, чтобы изучение модели позволило получить информацию о прототипе. Мы предложили взять за основу трактовку модели, принятую в математической логике (рисунок 42).

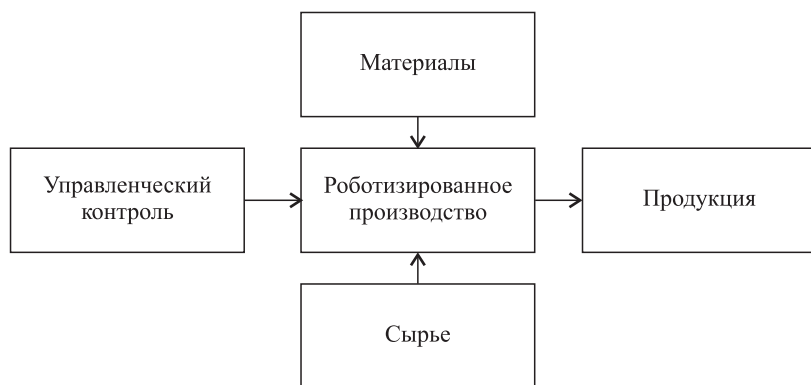


**Рисунок 42. Экономико-управленческая модель процесса роботизации**

Как видно по рисунку 42, можно выделить следующие виды ресурсов для роботизации: I) материальные: I.1) логистические; I.2) промышленные (производство запчастей, ремонтные базы); I.3) наличие природного и промышленно обработанного сырья. II) управленческо-информационные: II.1) наличие кадров; II.2) наличие системы их подготовки и переподготовки; II.3) инфраструктура

для протоколирования, передачи и обработки технико-управленческой информации. III) социально- демографические: III.1) наличие трудовых ресурсов; III.2) потенциал формирования необходимых трудовых ресурсов (включая систему образования, традиции местного населения, сбалансированность возрастного состава); III.3) развитость культурно-бытовой инфраструктуры (что сказывается, в частности, на способности принять внешние трудовые ресурсы); III.4) наличие природно-рекреационных зон (как функционирующих, так и пригодных для освоения); III.5) маневренность и относительная однородность населения. IV) финансово-экономические: IV.1) наличие финансовых ресурсов; IV.2) наличие финансовых структур; IV.3) многообразие, эффективность и доступность финансовых инструментов.

К другому подходу внедрения роботов в сельское хозяйство можно отнести производственную модель роботизации (рисунок 43).



**Рисунок 43. Производственная модель роботизации**

Как видно на рисунке 43, в этом блоке можно выделить следующие компоненты:

1) взаимодействие:

1.1) внутреннее экономико-технологическое взаимодействие;

1.2) внутреннее информационно-управленческое взаимодействие;

1.3) внешнее экономико-технологическое взаимодействие;

1.4) внешнее информационно-управленческое взаимодействие.

2) логистика:

2.1) внутреннее перемещение материальных объектов;

2.2) внутренняя информационно-сигнальная передача;

2.3) внутреннее накопление- хранение материальных объектов;

2.4) внутреннее накопление-хранение информации и протоколирование (запись и хранение) последовательности сигналов;

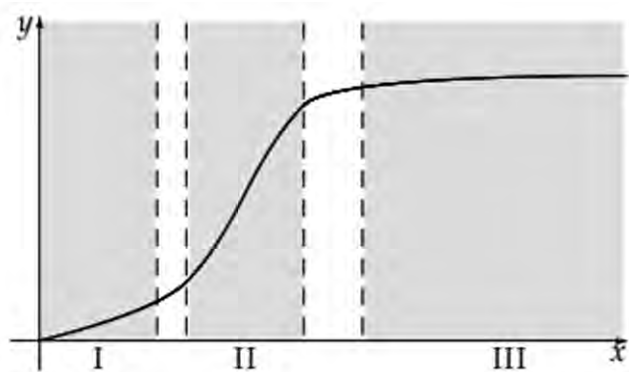
2.5) внешнее перемещение материальных объектов;

2.6) внешняя информационно-сигнальная передача.

Внутреннее взаимодействие и внутренняя логистика ограничены структурными компонентами конкретного субъекта экономической деятельности. В случае, когда рассматриваются различные субъекты экономической деятельности, мы говорим о внешнем взаимодействии и внешней логистике. На этапе внедрения дополнительные затраты необходимы на формирование, распространение и формализацию, во-первых, объективного компонента управления, т. е. схем принятия управленческих решений (см., например, рис. 6) и инфраструктуры управления, а также формирование кадров и системы их подготовки, обеспечивающих субъективный компонент управления; во-вторых, формирование ресурсов для роботизации: материальных (логистические, промышленные, источники

сырья), управленческо-информационных (кадры и система их подготовки, инфраструктура для протоколирования, передачи и обработки технико-управленческой информации), социально-демографических (трудовые ресурсы, культурно-бытовая инфраструктура, инфраструктура природно-рекреационных зон), финансово-экономических (наличие финансовых ресурсов и финансовых структур, многообразие, эффективность и доступность финансовых инструментов).

Предлагаем для характеристики процесса роботизации сельского хозяйства использовать график жизненного цикла товара, в котором можно условно выделить этапы внедрения (I), роста (II) и насыщения (III) (этап сокращения, а тем более прекращения производства для России сейчас не актуален) (рисунок 44).



**Рисунок 44. Фрагмент графика жизненного цикла роботизации сельского хозяйства**

По нашему мнению, в настоящее время Россия находится на этапе I — этапе внедрения (см. рис. 44), поскольку распространенность робототехники в сельском хозяйстве в стране относительно невелика. Во-первых, в настоя-



ший момент влияние субъективного компонента управления (см. разъяснения к рис. 43) на количество роботов в сельском хозяйстве чрезмерно велико, что естественно для данного этапа.

Во-вторых, ввиду относительно небольшого количества используемой робототехники заведомо дискретной величиной является зависимость количества роботов от времени, от вложения разных видов ресурсов (финансовых, кадровых, материальных и т.д.), от изменений в системе управления и других элементов. Это утверждение подтверждается, в частности, большим разбросом коэффициента корреляции плотности роботизации и доли организаций, использующих Интернет за 2013–2017 годы, без учета регионов, в которых процент роботизации был нулевым. Так, в Центральном федеральном округе коэффициент корреляции составил 0,14, в Северо-Западном округе – 0,15, в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах роботизация практически нулевая, в Уральском федеральном округе всего две области (Свердловская и Тюменская) имеют ненулевую роботизацию (поэтому коэффициент корреляции равен 1). Аналогичная ситуация в Сибирском федеральном округе, однако там зависимость от количества организаций, использующих Интернет, – обратная, т.е. коэффициент корреляции равен (-1), в Дальневосточном федеральном округе коэффициент корреляции равен 0,015, в Приволжском этот коэффициент корреляции оказался отрицательным -0,15.

Таким образом, на этапе I ведущую роль играет система управления, обозначенная как «Управление процессами роботизации отрасли» (рис. 42) и как «Управленческий контроль» (рис. 43). Поэтому требуется раскрыть модели управления (в частности, роботизацией и производством), представленные элементами «Управление

процессами роботизации» (рис. 42) и «Производственный контроль» (рис. 43). Можно выделить три компонента системы управления:

1) объективный компонент системы управления:

1.1) схемы принятия управленческих решений («мягкая» часть); 1.2) инфраструктура управления («жесткая» часть);

2) субъективный компонент управления: субъект принятия управленческих решений.

2.1) Объективный компонент системы управления.

2.2) Схемы принятия управленческих решений. Прямое, косвенное управление, схемы взаимодействия планирования и исполнения планов. Три уровня работы с информацией: уровень типовых алгоритмов, уровень стратегий, типовых для данной области деятельности, уровень методологии. Стратегия и реализация стратегии представлены на рисунке 7.

1.2) Инфраструктура управления включает в себя системы передачи управляющих сигналов (форматы, порядок согласования и передачи документов, система хранения и списания/передачи в архив, последовательность и сроки реакции на них и т. п.). В настоящее время все большую роль играют электронные форматы передачи информации, в частности, электронный документооборот.

II) Субъективный компонент управления: влияние субъекта на принятие управленческих решений. Его роль обычно снижается с ростом распространения технологии. Сложности с моделированием субъекта управления: 1) динамически (нередко непредсказуемо) меняющийся прототип; 2) большое число факторов, влияющих на принятие решений субъектом управления; 3) роль и место субъекта в системе управления, взаимодействия с другими субъектами. Эти компоненты связаны между собой.

Как показал предыдущий анализ, сложные стратегии можно представить в виде комбинации базовых стратегий. Например, можно, таким образом, разложить на базовые стратегии стратегию рутинной исследовательской деятельности, рутинной проектной деятельности и рутинного моделирования. Эти стратегии определены аксиоматически.

Допустим, в результате применения некоторой стратегии цель  $V_0$ , рассматриваемая как план из одного пункта, был сначала преобразован в план  $V_1, V_2, \dots, V_n$ , потом, заменой пункта, допустим,  $V_2$ , воспринятого как вторичная цель, плана ее достижения, в план  $V_{1,1}, V_{2,1}, V_{2,2}, \dots$ , и т.д. Пусть в конечном итоге был получен план, все пункты которого исполнитель воспримет как ссылки на доступный алгоритм.

Данной реализации стратегии поставим в соответствие ориентированный граф, множество вершин которого состоит из всех пунктов планов, которые возникали в процессе реализации этих стратегий. Дуга  $(V_0, V^n)$  входит в этот ориентированный граф тогда и только тогда, когда  $V^n$  является одним из пунктов плана, предназначенного для достижения цели  $V_0$  (рисунок 45).

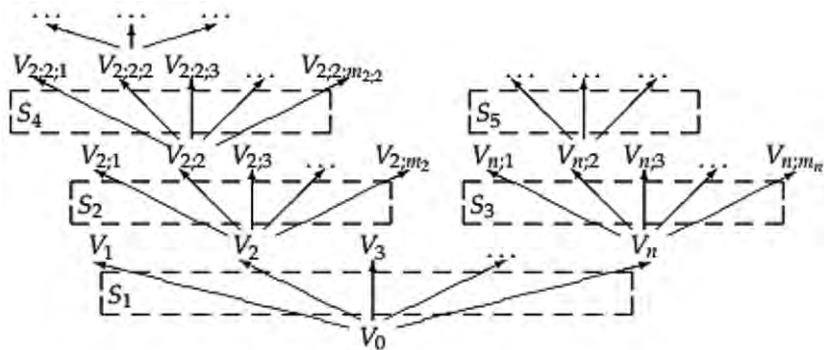


Рисунок 45. Теоретико-графовая модель реализации стратегии

Если стратегия представляет собой композицию базовых стратегий  $S_1, S_2, \dots, S_k$ , то граф можно считать цветным, считая цветом ребра  $(V_0, V^n)$  базовую стратегию  $S_i$ , с помощью которой был получен план достижения цели  $V_0$ , одним из пунктов которого является  $V^n$ , (рис. 45).

Пусть функция  $\theta$  каждой дуге  $M_i; M_{ij}$  цвета  $S_i$  ставит в соответствие объем ресурсов  $\theta M_i; M_{ij}; S_i$ , необходимых для достижения цели  $M_i$  в условиях, когда цель  $M_{ij}$  достигнута. Могут измеряться отдельные виды ресурса (например, затраты времени, объем необходимых знаний или умений), но ресурс может рассматриваться и как векторная величина. При этом практически важными являются априорные оценки объема затрачиваемых ресурсов, актуальные и апостериорные оценки.

Допустим, имеется маршрут

$$M_1, (M_1; M_2; S_{i1}), M_2, (M_2; M_3; S_{i2}, M_3), \dots, \\ M_k, (M_k; M_0; S_{ik}), M_0.$$

Если интерпретировать  $\theta M_p; M_{p+1}; S_{ip}$  как объем ресурсов, затраченных на сведение достижения цели  $M_p$  к достижению вторичной цели  $M_{p+1}$  с помощью стратегии  $S_{ip}$ , то

$$\theta (M_1; M_2; S_{i1}) + \theta (M_2; M_3; S_{i2}) + \dots + \theta (M_k; M_0; S_{ik})$$

можно трактовать как «суммарную затрату ресурсов» на сведение достижения цели  $M_1$  к цели  $M_0$  с помощью комбинации стратегий и вторичных целей, представленных данным маршрутом.

Существование стратегии сведения цели  $M_1$  к достижению цели  $M_0$ , оптимальной с точки зрения «суммарной затраты ресурсов», следует из следующей теоремы.

*Теорема 1.* Пусть  $M_1$  – некоторая цель,  $C = \{S_1, \dots, S_m\}$  – набор базовых стратегий, и  $G$  – совокупность цветных орграфов, у которых все цвета рёбер содержатся в  $C$  и являющихся моделями успешных реализаций стратегий достижения цели  $M_1$ . Допустим, что для любого графа<sup>1</sup>  $\Gamma = hV(\Gamma)$ ,  $E(\Gamma)i \in G$  определена функция  $\alpha_\Gamma$ , область значений которой включается в  $R$ , определенная на множестве  $V(\Gamma)$ , причем

$$\exists \varepsilon > 0 \forall \Gamma \in G \forall M \in V(\Gamma) \alpha_\Gamma(M) \geq \varepsilon. \quad (4)$$

Положим  $\alpha(\Gamma)$

$$\alpha(\Gamma) = \sum_{M \in \Gamma=0}^n \alpha_\Gamma(M). \quad (5)$$

Тогда существует такой граф  $\Gamma \in G$ , на котором функция  $\alpha$  достигает минимального значения, т.е.

$$\forall \Gamma \in G \alpha \Gamma \ 0 \leq \alpha(\Gamma). \quad (6)$$

Доказательство теоремы 1. Возьмём произвольный граф  $\Gamma'' \in G$ . Пусть для графа  $\Gamma$  из  $G$  выполняется неравенство  $|V(\Gamma)| \geq \alpha(\Gamma'') \varepsilon$ . Тогда в силу (1) и (2)

$$\alpha(\Gamma) = \sum_{M \in \Gamma} \alpha_\Gamma(M) \geq \sum_{M \in \Gamma} \varepsilon = |V(\Gamma)| \varepsilon \geq \alpha(\Gamma''). \quad (7)$$

Следовательно,

$$|V(\Gamma)| \geq \alpha(\Gamma'') \varepsilon \Rightarrow \alpha(\Gamma'') \leq \alpha(\Gamma). \quad (8)$$

---

<sup>1</sup>  $M \in \Gamma \alpha_\Gamma(M)$ . (2) <sup>1</sup> Здесь  $V(\Gamma)$  – множество вершин графа  $\Gamma$ ,  $E(\Gamma)$  – множество его дуг.

Осталось заметить, что существует только конечное число цветных графов с дугами конечного числа цветов, количество вершин у которых меньше  $\alpha(\Gamma'')\varepsilon$ . Поэтому среди них существует граф  $\Gamma > 0$  с минимальным значением  $\alpha(\Gamma')$ . Теорема доказана.

Одна из задач математической логики — построение процедур, которые позволяли бы на синтаксическом уровне выяснять, истинны ли те или иные утверждения в любой модели при определенной интерпретации грамматических конструкций.

Сначала приведем несколько классических определений.

Определение 1. Предположим, что задано исчисление  $I$ , если заданы следующие четыре множества:

- алфавит  $A(I)$ ;
- множество  $E(I)$  слов алфавита  $A(I)$ , называемое множеством выражений исчисления  $I$ ;
- множество  $Ax(I)$  выражений исчисления  $I$ , называемое множеством аксиом исчисления  $I$ ;
- множество  $\{f_1, f_2, \dots, f_k\}$  частичных операций на множестве  $E(I)$ , называемых правилами вывода исчисления  $I$ .

Упорядоченная пара  $\langle A(I), E(I) \rangle$  называется языком исчисления  $I$  и обозначим через  $L(I)$ .

Определение 2. Пусть  $T(I)$  — подмножество множества выражений  $E(I)$ , определяемое индуктивным правилом (то есть наименьшее множество, для которого выполняются следующие утверждения):

- $Ax(I) \subseteq T(I)$ ;
- если  $\{S_1, S_2, \dots, S_n\} \subseteq T(I)$ , то для любого  $n$ -местного правила вывода  $f$  исчисления  $I$  имеем  $f(S_1, S_2, \dots, S_n) \in T(I)$ .

Тогда множество  $T(I)$  называется множеством теорем исчисления  $I$  или множеством доказуемых выражений исчисления  $I$ , а его элементы — теоремами исчисления  $I$ .

Теория языка  $L(I)$  – произвольное множество теорем этого языка (таблица 22).

Таблица 22

**Исчисление  $I$ , моделирующее применение стратегии  $S$**

Алфавит $A(I)$	Слова $E(I)$	Аксиомы $Ax(I)$	Правила вывода
Ссылки на типовые цели и типовые алгоритмы	Типовые планы деятельности, т.е. «слова» $A_1, T_2, T_3, A_4, \dots, T_k$ , «буквами» которых являются ссылки на типовые цели $T_i$ и алгоритмы $A_j$	Типовые алгоритмы: $A_1, A_2, \dots, A_m$ , где $A_i$ – ссылки на базовые алгоритмы	Замена цели $T$ на план ее достижения: $(P_1, P_2, \dots, P_n) / T$

В этой модели, как и в теоретико-графовой модели, не учитывается выполнимость плана, т.е. доступность ресурсов для его выполнения.

В рамках этой модели процесс построения плана можно рассматривать как частный случай построения доказательства средствами некоторого исчисления. Это, в частности, позволяет использовать для построения плана инструментарий, разработанный для автоматического построения доказательств теорем.

*Теорема 2.* Пусть  $M_1$  – некоторая фиксированная цель,  $I = hA(I); E(I); Ax(I); F(I)i$  – исчисление, моделирующее стратегию, где  $F(I) = \{S_1; \dots; S_m\}$  – множество правил вывода, причём все правила вывода (базовые стратегии)  $S_i$  имеют конечное число аргументов. Обозначим через  $T$  множество генценовских деревьев доказательства, моделирующих успешные реализации стратегии достижения цели  $M_1$ . Допустим, что  $T \in T$  и  $\beta T$  – функция, опреде-

ленная на множестве формул из дерева  $T$ , с областью значений, включающейся в  $R$ , причем

$$\exists \varepsilon > 0 \forall T \in T \forall MI \in T \beta T(MI) \geq \varepsilon. \quad (9)$$

Положим для любого

$$T \in T \beta(T) = \sum_{MI \in T}^n MI \in T \beta T(MI). \quad (10)$$

Тогда существует такое дерево  $T_0 \in T$ , для которого  $\beta(T_0)$  принимает минимальное значение, т.е.

$$\forall T \in T \beta(T) \leq \beta(T). \quad (11)$$

Доказательство теоремы 2. Для любого  $T \in T$  обозначим через  $|T|$  количество формул (целей) в дереве  $T$ . Пусть  $T \in T$ . Если  $T \in T$  и  $|T| \geq \beta(T) \varepsilon$ , то в силу (3) и (4)

$$\beta(T) = \sum_{MI \in T}^n \beta T(MI) \geq \sum_{MI \in T}^n \varepsilon \geq \varepsilon |T| \geq \beta(T'). \quad (12)$$

Следовательно,

$$\forall T \in T |T| \geq \beta(T) \varepsilon \Rightarrow \beta(T') \leq \beta(T). \quad (13)$$

С другой стороны, существует лишь конечное число деревьев из  $T$ , у которых  $|T| < \beta(T_0) \varepsilon$ . Значит, среди деревьев из  $T$ , у которых  $|T| < \beta(T) \varepsilon$ , найдется дерево  $T_0$  с минимальным значением функции  $\beta$ :

$$\forall T \in T |T| < \beta(T) \varepsilon \Rightarrow \beta(T') \leq \beta(T). \quad (14)$$



Отметим, что в силу (3) и (4)

$$\beta(T_0) = \sum_{MI \in T_0} \beta T(MI) \geq \sum_{MI \in T} \varepsilon \geq \varepsilon |T| \quad (15)$$

откуда, используя (6), получаем

$$|T_0| < \beta(T) \varepsilon \Rightarrow \beta(T_0) \leq \beta(T). \quad (16)$$

Следовательно, для любого  $T \in T$

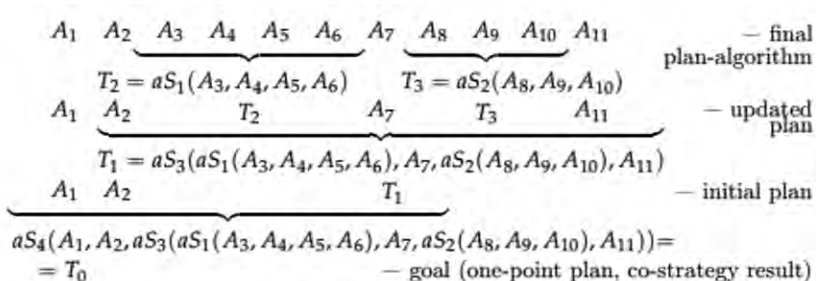
$$|T| < \beta(T_0) \varepsilon \Rightarrow \beta(T) \leq \beta(T) \quad (17)$$

и, согласно (5) и доказанному неравенству  $\beta(T_0) \leq \beta(T)$ ,

$$|T| \geq \beta(T_0) \varepsilon \Rightarrow \beta(T) \leq \beta(T_0) \leq \beta(T). \quad (18)$$

Таким образом, значение функции  $\beta$  на элементе  $T$  является минимальным. Таким образом, теорема доказана.

Определение 3. Назовем костратегией отображение  $aS$ , сопоставляющее плану деятельности  $V_1, V_2, \dots, V_p$  результат  $aS(V_1, V_2, \dots, V_p)$  выполнения этого плана, рассматриваемый как возможная цель создания этого плана. Разумеется, это отображение, вообще говоря, может быть неоднозначным. Ситуацию, когда стратегия  $S$  представлена в виде комбинации базовых стратегий  $S_1, S_2, \dots$ , можно моделировать костратегией, представленной на рисунке 46.



**Рисунок 46. Представление реализации стратегий с помощью теоретико-функциональная модель реализации костратегии**

Такое представление стратегии является отражением метода нисходящего анализа. Допустим, план  $(M_1; M_2; \dots; M_p)$  является результатом реализации стратегии  $S$ , применению стратегии  $S$  отвечает костратегия  $aS$  и функция  $\gamma aS$  сопоставляет плану  $(M_1; M_2; \dots; M_p)$  действительно число  $\gamma aS(M_1; M_2; \dots; M_p)$ . В качестве  $\gamma aS(M_1; M_2; \dots; M_p)$  может выступать объем определенного вида ресурсов, расходуемых на создание этого плана, априорную, актуальную или апостериорную оценку объема ресурсов, необходимых для выполнения этого плана и др. Будем считать, что для функции  $\gamma$  выполняются следующие аксиомы.

Аксиома свернутости:

$$M_{0i} = aS_1 M_{0i1}; M_{0i2}; \dots; M_{0ip}, M_0 = aS_2 M_{01}; \dots; M_{0i}; \dots; M_{0q} \Rightarrow \gamma aS_2 M_{01}; \dots; M_{0i}; \dots; M_{0q} = \gamma aS_2 M_{01}; \dots; \gamma aS_1 M_{0i1}; M_{0i2}; \dots; M_{0ip}; \dots; M_{0q}.$$

Аксиома аддитивности: если

$$\begin{aligned} & aS_0(M_{01}; M_{02}; \dots; M_{0i1}; M_{0i2}; \dots; M_{0ip}); \dots; \\ = & aS_2 M_{01}; M_{02}; \dots; aS_1 M_{0i1}; M_{0i2}; \dots; M_{0ip}; \dots; M_{0q}, \text{ то} \\ & \gamma aS_0 M_{01}; M_{02}; \dots; M_{0i1}; M_{0i2}; \dots; M_{0ip}; \dots; M_{0q} = \\ & = \gamma aS_2 M_{01}; \dots; aS_1 M_{0i1}; \dots; M_{0ip}; \dots; M_{0q} + \\ & \quad + \gamma aS_1(M_{0i1}; \dots; M_{0ip}) = \\ = & \gamma aS_2 M_{01}; \dots; M_{0i}; \dots; M_{0q} + \gamma aS_1 M_{0i1}; \dots; M_{0ip}. \end{aligned}$$

Формально-конструктивная трактовка модели позволяет посмотреть на представленные выше три модели реализации стратегии. А именно, согласно предложенной формально-конструктивной трактовке (рис. 46), модель представляет собой систему из двух компонентов: 1) образа; 2) интерфейса, обеспечивающего обмен информацией между прототипом и образом.

Другим примером моделей-диады, кроме изображенного на рис. 46, является представление рациональных чисел, с одной стороны, обыкновенными дробями, т.е. упорядоченными парами  $m/n$ , где  $m \in \mathbb{Z}$ ,  $n \in \mathbb{N}$ , с другой стороны, периодическими рациональными десятичными дробями. Кроме того, как модель-диаду можно рассматривать представление числовой функции, с одной стороны, формулой, с другой стороны, графиком.

Эффективность применения моделей-диад обусловлена, в первую очередь, возможностью сочетания аналитического аппарата нескольких теорий для анализа информации. Обычно для демонстрации возможностей модели-диады мы применяем следующую аналогию. Ясно, что даже спортивно подготовленный человек по высокой вертикальной шершавой стене без выступов (символизирующей прототип) сможет подняться не слишком высоко. Но если на удобном расстоянии (чтобы обеспечить «функционирование интерфейса») находится параллельная такая же стена (символизирующая образ), то этот человек сможет подняться очень высоко.

Аналогично определяется модель-триада и, в общем случае, модель-полиада. Полученные нами три модели реализации стратегии представляют собой «модель-триаду».

В работе предложено несколько моделей роботизации сельского хозяйства. Показано, что на данном этапе важнейшими являются модели процесса управления, при-

чем здесь приоритетным является субъективный компонент. Предлагаем рассматривать стратегию как механизм создания плана деятельности. Таким образом, мы различаем стратегию и ее реализацию, причем если стратегия является объективной, то ее реализация — субъективна. В работе построены три математические модели реализации стратегии, причем они образуют модель-триаду. Доказаны три теоремы о существовании оптимальной реализации стратегии. Полученные результаты позволяют выделить несколько перспективных направлений исследований и применения этих результатов. Выделить набор базовых стратегий для разных этапов внедрения роботизации. В качестве основы можно взять полученные ранее декомпозиции стратегии рутинной исследовательской деятельности [26] и аналогичные результаты для рутинной проектной деятельности и рутинного моделирования. Они основаны на аксиоматическом подходе к формализации этих видов деятельности. Главное различие между исследовательской и проектной деятельностью позволяет получить разработанная нами теория адекватности.

Специфика исследовательской деятельности состоит в том, что при оценке адекватности результата деятельности приоритетными являются характеристики корректности: точность соблюдения требований к условиям эксперимента, правильность формулировок утверждений (в частности, определений и теорем), корректность доказательств и т.д. Для проектной деятельности, наоборот, приоритетными являются характеристики достоверности: достижение значений, предусмотренных проектным заданием, наличие требуемых отношений между элементами и компонентами, нужных свойств и т.д. Второе направление исследований состоит в получении оценок расхода разных видов ресурса для реализации этих стратегий, в частности, на

основании опыта применения этих стратегий. В качестве третьего направления мы выделяем формирование научно обоснованных рекомендаций по оптимизации расхода ресурсов на управленческую деятельность.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Уточнены количество и назначение робототехники, применяемой в сельском хозяйстве РФ и ее регионов. Для этого осуществлены соответствующие запросы в региональные отделения Министерства сельского хозяйства и АПК о количестве единиц робототехники, применяемой в организациях сельского хозяйства, а также скрининг сети интернет о реализованных проектах роботизации отрасли. Региональные отделения министерства сельского хозяйства и АПК предоставили данные об использовании 435 единиц роботов, применяемых в отрасли, которая используется в основном в доении крупного рогатого скота и перемещении кормов (роботы-пушеры). В Центральном федеральном округе в сельском хозяйстве используется 184 единицы робототехники, в Приволжском – 95, в Уральском – 68, в Северо-Западном – 66 единиц. В сельском хозяйстве Южного, Сибирского и Северо-Кавказского ФО робототехника используется в меньшей степени. В целом по РФ плотность роботизации сельского хозяйства составила 0,75 роботов на 10 тыс. занятых в отрасли, что существенно ниже, чем в целом по экономике (3,5 роботов на 10 тыс. работающих в 2018 году). Определена плотность роботизации сельского хозяйства по федеральным округам и регионам и им присвоены соответствующие ранги. Наибольшее значение этого показателя наблюдается в Уральском ФО (2,16), Приволжском ФО (0,69), Дальневосточном ФО (0,67). По регионам наибольшая плотность роботизации сельского хозяйства наблюдается в Калужской (42,7) Рязанской (14,1) и Свердловской (6,3) областях. Предложена авторская методика ранжирования регионов по плотности ро-

ботизации, которые рекомендовано делить на регионы с высокой (свыше 3,0 роботов на 10 тыс. работающих в отрасли), средней (от 0,75 до 3,0) и низкой (менее 0,75) плотностью роботизации, а также регионы, в которых роботизация сельского хозяйства не осуществляется.

Применяя методы группировок, а также регрессионный анализ, получены результаты о роботизации регионов РФ и ее зависимости от уровня государственной поддержки сельского хозяйства и индекса производства продукции сельского хозяйства. В группах с высокой и средней плотностью роботизации сельского хозяйства наблюдаются невысокие темпы прироста сельскохозяйственного производства. В группе с низкими значениями плотности роботизации сельского хозяйства наблюдается снижение производства продукции сельского хозяйства. При этом наиболее темпы прироста сельскохозяйственного производства (7,3%) наблюдаются в группе регионов, не использующих роботов. В группе регионов с долей сельского хозяйства менее 5% в валовой добавленной стоимости средняя плотность роботизации сельского хозяйства составила 1,35; с долей от 5 до 10% – 2,33, с долей сельского хозяйства более 10% – 0,21 роботов на 10 тысяч работающих в отрасли. Можно выделить регионы с низким уровнем государственной поддержки и средней плотностью роботизации по этой группе (1,6 роботов на 10 тысяч занятых). В регионах со средним уровнем государственной поддержки плотность роботизации составляет 3,4 роботов на 10 тысяч занятых. В регионах высоким уровнем государственной поддержки средняя плотность роботизации составляет 5,5 роботов на 10 тысяч занятых в отрасли.

Предложена авторская типология регионов по показателям плотности роботизации и доли сельского хозяйства в валовой добавленной стоимости регионов в зависи-

мости от медианных значений. Выделена отрицательная корреляционная связь между долей сельского хозяйства в валовой добавленной стоимости регионов и количеством используемой робототехники (-0,52), а также плотностью роботизации (-0,59). Это может указывать на то, что в регионах с традиционно развитым сельским хозяйством в меньшей степени используется робототехника. Органам исполнительной власти рекомендуется разработать соответствующие меры по ускоренному внедрению робототехники в сельскохозяйственное производство регионов с высокой долей сельского хозяйства (свыше 8,3% в валовой добавленной стоимости) для устранения их технологического отставания

Впервые получены данные о взаимосвязи наличия объектов инфраструктуры на роботизацию сельских территорий. Для этого использованы данные Росстата о состоянии автомобильных дорог и обеспеченности доступа к услугам связи (в том числе к широкополосному интернету) в регионах. Для установления зависимости был использован корреляционный анализ полученных статистических данных по регионам и данных по роботизации. При этом установлено, что из 21 исследованном регионе, интернет использует свыше 90% организаций, а средняя плотность роботизации составляет 4,3 робота на 10 тыс. занятых. В девяти регионах доля организаций, использующих интернет, составляет от 80 до 90%, а плотность роботизации в этих регионах – 1,8 робота на 10 тыс. занятых. В двух регионах использование интернета составляет от 75 до 80%. Это позволяет сделать вывод, что использование организациями интернета, в том числе широкополосного доступа к сети интернет не выявляет пока заметного влияния данного фактора на роботизацию сельского хозяйства, что может быть связано с повсеместным проникновени-



ем сети интернет, отсутствием преимуществ одного региона по сравнению с другим. Исследование показывает, что в 8 обследованных регионах менее 60% дорог с твердым покрытием в общей протяженности автомобильных дорог общего пользования, а плотность роботизации — 2,9 работа на 10 тыс. занятых. В 15 регионах удельный вес автомобильных дорог с твердым покрытием в общей протяженности автомобильных дорог составил от 60 до 80%, а в 9 — свыше 80%, что говорит о высокой их обеспеченности дорожной инфраструктурой. При этом выявляется слабая зависимость плотности роботизации сельского хозяйства от обеспеченности автомобильными дорогами с твердым покрытием (коэффициент корреляции  $-0,21$ ) и от плотности автомобильных дорог (коэффициент корреляции  $0,04$ ). Изучение географии внедрения робототехники в сельском хозяйстве по территории страны позволяет сделать вывод об отсутствии существенных инфраструктурных ограничений в данной деятельности.

Получены результаты о роботизации регионов РФ и ее зависимости от доли трудоспособного населения, уровня зарегистрированной безработицы к численности экономически активного населения, а также среднемесячной номинальной начисленной заработной платы. Выполнено ранжирование регионов в зависимости от плотности роботизации отрасли, доли трудоспособного населения регионов, уровня безработицы и уровня заработной платы. С применением метод группировок, выделено четыре группы регионов. К первой группе относятся 9 регионов с высокой плотностью роботизации (более 3,0 на 10 тыс. работающих), ко второй — 10 регионов со средней плотностью роботизации (от 0,75 до 3,0), к третьей — 13 регионов с низким уровнем роботизации (менее 0,75) и к четвертой — 53 региона, не использующие робототехнику в

сельхозпроизводстве. По результатам группировки регионов установлено, что доля сельского населения увеличивается с 24,2 % в группе регионов с высокой плотностью роботизации до 31,5 % в регионах, где робототехника не применяется в сельскохозяйственном производстве. При этом доля трудоспособного населения снижается по рассматриваемым группам с 62,3 % до 60,9% соответственно. Уровень зарегистрированной безработицы в группе регионов с высокой плотностью роботизации составляет 5,17%, а в регионах, не использующих робототехнику, он существенно выше – 7,3%. Установлена слабая отрицательная зависимость показателей уровня безработицы и плотности роботизации (корреляция -0,32) по федеральным округам. По результатам группировки установлено, что в регионах с высокими показателями плотности роботизации заработная плата выше на 20,4%, чем в регионах, где не применяется робототехника или ее применение находится на низком уровне. Выявлен средний уровень корреляции между уровнями заработной платы в сельском хозяйстве и плотности роботизации отрасли. Даны конкретные рекомендации по целесообразности приоритетной роботизации сельского хозяйства регионов с высокой долей сельского населения, поскольку внедрение роботов в сельскохозяйственное производство не вызывает роста безработицы сельских территорий и позволит предотвратить технологическое отставание отрасли этих регионов. Применение робототехники может способствовать росту доходов работников сельского хозяйства, поскольку заработная плата на фермах с роботами выше, чем на фермах без робототехники.

Выявлены и систематизированы основные факторы пространственного развития регионов, способствующие и препятствующие роботизации аграрного производства,

что позволяет снизить влияние препятствующих внедрению данной техники факторов, повысить эффективность процессов роботизации. Для этого задействована группа экспертов, в качестве которых выступили, руководители организаций сельского хозяйства, представители органов исполнительной власти, представители академических кругов. С использованием программных средств построена двумерная проекция характеристик экспертной группы и результатов экспертного опроса.

К наиболее значимому фактору пространственного развития регионов, в настоящее время препятствующему роботизации сельского хозяйства, относится доля организаций сельского хозяйства регионов работающих с прибылью (условный индекс 7,41 баллов). Препятствующими роботизации сельского хозяйства факторами пространственного развития регионов является недостаточная, по мнению экспертов, величина субсидий на техническое обновление сельского хозяйства регионов (условный индекс 7,15 баллов) и инвестиционные риски регионов (условный индекс 5,96 баллов). К наиболее значимым факторам пространственного развития регионов, способствующим роботизации сельского хозяйства наличие развитой сети сервисного обслуживания робототехники (условный индекс 6,71 баллов). Способствуют роботизации сельского хозяйства близость к региональным рынкам соседних регионов (условный индекс 6,17 баллов) и доля занятых с высшим образованием в численности населения регионов (условный индекс 5,48 баллов). Исследование показывает, что в настоящее время факторы пространственного развития регионов, препятствующие роботизации сельского хозяйства, получили более высокие средние и относительные оценки в сравнении с факторами, способствующими роботизации. С учетом выявленных законо-

мерностей, необходимо уделить внимание финансовому оздоровлению организаций аграрного сектора экономики, в приоритетном порядке субсидировать затраты на приобретение робототехники, разработать меры по снижению инвестиционных рисков, в частности по льготному страхованию проектов по роботизации ферм.

Впервые получены данные о типах организаций сельского хозяйства по размеру, профилю деятельности и уровню концентрации производства в которых целесообразно применять робототехнику. Для этого, использован подход с применением метода группировок организаций сельского хозяйства использующих робототехнику, расположенных в регионах с наиболее высокой роботизацией сельского хозяйства – Калужской, Рязанской, Свердловской, Вологодской, Тюменской, Ленинградской областях и республике Коми. В ходе исследования установлено, что микро- и малые организации играют существенную роль в реализации проектов по внедрению робототехники, поскольку по среднегодовой численности персонала микро и малые организации сельских хозяйств составляют 58,6 %, а по выручке от реализации – 89,7% от общего количества в выборке. Как показывают результаты группировки организаций по численности персонала, наибольшая выручка от реализации продукции на одного работника (3963,6 тыс. рублей) получена в группе микро организаций (с численностью до 15 человек). При этом по группе микро организаций также наблюдается наибольшая прибыль от реализации продукции (584,2 тыс. руб.) на одного работника и наибольшая концентрация производства (фондовооруженность 10429,8 рублей на одного работника). Рентабельность с учетом субсидий снижается с увеличением размера организаций (в группе микро организации – 14,6 %, в малых – 13,3%, средних – 13,5,

крупных – 4,6%). В группе крупных организации с численностью работников более 250 человек используется наибольшее количество робототехники (93 единиц). При этом выявлена зависимость снижения плотности роботизации сельского хозяйства при повышении размера организации (по численности работников). В микро организациях плотность роботизации составила 0,4 работа на 10 тыс. работников, в малых – 0,078, средних – 0,027, в крупных – 0,021 работа на 10 тыс. занятых. Группировка организаций по выручке от реализации показала, что в группе микро- организаций прибыль от реализации продукции на 1 работника составила 219,4 тыс. рублей, что выше, чем по крупным организациям почти в 4.5 раза. Рентабельность с учетом субсидий снижается с увеличением размеров организаций (в группе микро организации – 14,6 %, в малых – 13,5%, средних убыточность 0,6, крупных – 2,9%). Следует отметить, что наибольшее количество роботов наблюдается в микро организациях – 50 единиц (группировка по выручке от реализации). Фондовооруженность в крупных организациях (по выручке) была выше в 1,8 раза, чем в микро организациях, что позволяет предположить, что концентрация производства не оказывает влияние на процессы роботизации или ее воздействие носит ограниченный характер. По профилю деятельности наиболее целесообразно применять робототехнику в организациях сельского хозяйства с высокой и узкой специализацией в молочном направлении. Это связано с тем, что в настоящее время наибольшее коммерческое использование получили роботы по доению животных, подравниватели кормов (пушеры) а также удалению навоза в животноводческих помещениях. Таким образом, наиболее целесообразно применение робототехники в микро и малых по численности работников и выручке от ре-

ализации продукции организациях сельского хозяйства, поскольку, как показывают результаты группировки, эффективность ее использования в них выше, чем в крупных и средних организациях. Это позволяет также разработать меры по наиболее приоритетной государственной поддержке роботизации малого бизнеса в сельском хозяйстве.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Блинова Т.В., Былина С.Г. Сценарный прогноз численности сельского населения России на среднесрочную перспективу // Экономика региона. 2014, №4, С. 298–308
2. Бугроменко В.И. Экономическая оценка транспортно-географического положения народнохозяйственных объектов // Известия АН СССР – 1981 – №5 – С. 66–79.
3. Воробьев С.П. Актуальные проблемы банкротства сельскохозяйственных предприятий // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 5 (103). С. 141–145.
4. Воронин Б.А., Митин А.Н., Пичугин О.А. Управление процессами цифровизации сельского хозяйства России // Аграрный вестник Урала. 2019. № 4 (183). С. 86–95.
5. Ворошилов Н. В. Дифференциация социально-экономического развития муниципальных образований Вологодской области за 1991–2011 гг. // Проблемы развития территории, 2013, № 3 (65), С. 31–41.
6. Иванов Ю.Г. Лапкин А.Г. Сравнительная оценка энерго, трудо и эксплуатационных затрат при переводе коров с доения в молокопровод на робот «Lely astronaut» // Вестник ВНИИМЖ, 2013, № 3, С.188-191.
7. Калугина, З. И. Фадеева О. П. Новая парадигма сельского развития // Мир России. – 2009 – № 2 – С. 34–49
8. Капелюшников Р.И. Неформальная занятость в России: что говорят альтернативные определения? // Новая экономическая ассоциация – 2013. – №4, – С. 52–84
9. Катков А.А., Калимуллин А.М., Седых Т.А., Козловцев А.П., Затин И.М., Курамшин М.Р. Использование роботизированной техники в условиях откормочного комплекса // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 3(77). С. 157–160.

10. Коваленко Е. Г. Автайкина Е. В. Типология сельских территорий республики Мордовия. // Проблемы и механизмы устойчивого социально-экономического развития территории, 2012, № 1 Режим доступа : <http://problast-razvit-ter.esrae.ru/1-16> (accessed 01.05.2018)

11. Купреенко А.И., Исаев Х.М., Михайличенко С.М. Эксплуатация автоматического кормовагона на молочной ферме // Сельский механизатор, 2018, №6, С. 32–33, 40.

12. Купреенко А.И., Исаев Х.М., Полянская А.И. К определению эксплуатационных показателей кормовых вагонов. // Вестник Брянской ГСХА, 2014, №1, С. 3–6.

13. Латвиетис Я.Я., Приекулис Ю.К., Салиньш А.Д. Проблемы обеспечения коров концентрированным кормом при внедрении беспривязного содержания и роботизированного доения // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства». Сборник научных трудов, Вып. 16, Ч. 1. Горки, 2013, С. 184–196

14. Лысенко М.В., Лысенко Ю.В., Шарاپова В.М., Шарاپова Н.В. Концептуальные направления совершенствования базовых элементов механизма воспроизводственной экономики технического потенциала // Экономика и предпринимательство, 2017, № 10-1 (87-1), С. 1152–1159.

15. Морозов Н.М., Рассказов А.Н. Основные факторы повышения эффективности производства продукции животноводства в России // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2019, № 6, С. 12–15.

16. Набоков В.И., Некрасов К.В. Повышение конкурентоспособности предприятий АПК на основе инновационной деятельности // Аграрный вестник Урала, 2012, № 1 (93), С. 83–86.

17. Набоков В.И., Скворцов Е.А. Влияние обеспеченности инфраструктурой и уровня субсидий на роботиза-



цию сельского хозяйства Экономика сельского хозяйства России, 2020, №12, С. 42–49.

18. Набоков В.И., Скворцов Е.А. Трудоспособное население, уровень безработицы и роботизация сельского хозяйства в регионах Экономика сельского хозяйства России. 2021, № 8, С. 47–53.

19. Набоков В.И., Скворцов Е.А., Кухарь В.С. Роботизация сельскохозяйственного производства и заработная плата в отрасли. Экономика сельского хозяйства России, 2021, №9, С. 47–52.

20. Набоков В.И., Скворцов Е.А., Прядилина Н.К. Показатели экономического развития регионов и роботизация сельского хозяйства // Russian Journal of Management, 2020, Т. 8, №4, С. 161–165.

21. Панов М.М. Внутрорегиональная типология сельских территорий (на примере вологодской области) // Проблемы развития территории, 2015, № 2 (76). С. 159–173

22. Родионова О.А., Труба А.С., Евсюкова Т.Г. подходы к оценке цифровой трансформации в аграрном секторе предпринимательства // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве, 2020, №9(66), С. 20–26.

23. Сёмин А.Н., Скворцов Е.А., Скворцова Е.Г. Территориальные аспекты роботизации сельского хозяйства АПК: Экономика, управление, 2019, № 3, С. 35–46.

24. Сёмин А.Н., Скворцова Е.Г. Организационно-экономический механизм формирования трудовых ресурсов сельского хозяйства в условиях развития цифровой экономики // Экономика сельского хозяйства России, 2020, № 6, С. 50–55.

25. Скворцов Е. А., Иовлев Г. А., Скворцова Е. Г., Орешкин А. А. Эффективность трудосберегающих инноваций в сельском хозяйстве на примере робота-подрав-

нивателя кормов // Аграрный вестник Урала, 2016, №9, С. 82–89

26. Скворцов Е. А., Скворцова Е. Г., Санду И. С., Иовлев Г. А. Переход сельского хозяйства к цифровым, интеллектуальным и роботизированным технологиям // Экономика региона. 2018, Т. 14, вып. 3, С. 1014-1028 doi 10.17059/2018-3-23

27. Скворцов Е.А. Повышение эффективности роботизации сельского хозяйства: Автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Скворцов Егор Артемович; УрГАУ. – Екатеринбург, 2018. – 24 с.

28. Скворцов Е.А., Набоков В.И. вопросу региональных тенденций роботизации сельского хозяйства // Экономика сельского хозяйства России, 2020, №8, С. 30–38.

29. Шарапова В.М., Борисов И.А., Шарапова Н.В., Шарапов Ю.В. Оценка конкурентоспособности сельских территорий уральского экономического района по заработной плате // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета, 2020, №4(63), С. 209–214

30. Шарапова Н.В., Шарапова В.М. Состояние воспроизводства трудовых ресурсов в сельском хозяйстве Свердловской области // Никоновские чтения, 2020, № 25, С. 83–86.

31. Инвестиционный риск российских регионов в 2019 году <https://raex-a.ru/ratings/regions/2019/att2>

32. О предельных значениях выручки от реализации товаров (работ, услуг) для каждой категории субъектов малого и среднего предпринимательства. Постановление Правительства РФ от 13 июля 2015 г. №702 [Электронный ресурс]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_182963/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_182963/) (дата обращения 2.09.2021).

33. О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации. Федеральный закон от

24.07.2007 №209-ФЗ (действующая редакция, 2021). [Электронный ресурс]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_52144/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_52144/) (дата обращения 2.09.2021).

34. Оборудование Lely для молочного производства [https://www.lely.com/media/filer\\_public/ee/48/ee48c643-c954-4b65-8d3c-c73d81e3e50d/lely\\_dairy\\_equipment\\_2014\\_-\\_ru.pdf](https://www.lely.com/media/filer_public/ee/48/ee48c643-c954-4b65-8d3c-c73d81e3e50d/lely_dairy_equipment_2014_-_ru.pdf)

35. Официальный сайт компании Лели <https://www.lely.com/ru/solutions/feeding/juno/>

36. Плотность роботов растет во всем мире [Электронный ресурс]. URL: <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robotdensity-rises-globally> (дата обращения 1.03.2018).

37. Субсидии на сельское хозяйство в РФ <https://mcs.gov.ru/activity/state-support/measures/building-compensation/>

38. Теория, методология и практика реализации эквивалентных межотраслевых отношений в АПК // Под ред. О.А. Родионовой. Москва, Фонд развития и поддержки молодежи «Кадровый резерв». 2019. 220 с.

39. Указ Президента Российской Федерации от 15.03.2021 № 143 «О мерах по повышению эффективности государственной научно-технической политики»

40. Указ Президента РФ № 596 «О долгосрочной экономической государственной политике» 2012 г.

41. Цифровизация сельскохозяйственного производства России на период 2018-2025 гг. [https://agrardialog.ru/files/prints/apd\\_studie\\_2018\\_russisch\\_fertig\\_formatiert.pdf](https://agrardialog.ru/files/prints/apd_studie_2018_russisch_fertig_formatiert.pdf)

42. A snapshot of poverty in rural and regional Australia [Electronic resource]: joint report // National Rural Health Alliance inc. & ACOSS. – Available at: [http://ruralhealth.org.au/documents/publicseminars/2013\\_Sep/Joint-report.pdf](http://ruralhealth.org.au/documents/publicseminars/2013_Sep/Joint-report.pdf) (accessed 01.05.2018)

43. Adamides G., Stylianou A., Kosmas P. C. Factors affecting PC and internet usage by the rural population of Cyprus // *Agricultural Economics Review*.1 2013, Vol. 14, №1 1, pp.1 16-36.

44. Adnan N., Nordin S.M., Rahman I., Noor A. The effects of knowledge transfer on farmers decision making toward sustainable agriculture practices: In view of green fertilizer technology. *World J. Sci. Technol. Sustain. Dev.* 2018, 15, 98-115

45. Alderete M. V. Mobile Broadband: A Key Enabling Technology for Entrepreneurship? // *Journal of small Business Management*. 2017, Vol. 8, pp. 254-269

46. Andre, M., Depopulation, land-use change and landscape transformation in the French Massif Central // *Ambio*, 1998, 27 (4), pp.351–353.

47. Arunrat N, Sereenonchai S, Chaowiwat W, Wang C. Climate change impact on major crop yield and water footprint under CMIP6 climate projections in repeated drought and flood areas in Thailand. *Sci Total Environ.* 2022 Feb 10; 807 (Pt 2):150741. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.150741.

48. Arunrat N., Sereenonchai S., Chaowiwat W., Wang C., Hatano R. Carbon, Nitrogen and Water Footprints of Organic Rice and Conventional Rice Production over 4 Years of Cultivation: A Case Study in the Lower North of Thailand. *Agronomy*, 2022, 12, 380. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020380>

49. Asheim B.T., Cooke P., Martin R. The rise of the cluster concept in regional analysis and policy // *Clusters and regional development: Critical reflections and explorations* / Eds. B.T. Asheim, P. Cooke, R. Martin. London: Routledge. 2006, P. 1–29.

50. Berger T., Frey C. Industrial renewal in the 21st century: evidence from US cities. *Regional Studies*, 2017, Vol. 51, №. 3, pp. 404-413.

51. Biegańska J. Rural areas in Poland from a demographic perspective. In: Szymańska, D. and Chodkowska-Miszczuk, J. editors, *Bulletin of Geography. Socio-economic Series*, Toruń: Nicolaus Copernicus University Press, 2013, № 20, pp. 7–22. DOI: 10.2478/bog-2013-0008

52. Bisaglia C., Belle Z., Van den Berg G., & Pompe J. Automatic vs. Conventional Feeding Systems in Robotic Milking Dairy Farms: a Survey in the Netherlands. *Proc. International Conference of Agricultural Engineering CIGR AgEng*. Valencia, 2012, pp. 100-104

53. Blinova TV, Vyalshina A.A. Employment in Russian agriculture: job satisfaction and risks of job loss. // *Agrarian perspectives XXVI: competitiveness of European agriculture and food industry*. Prague, Czech Republic, 2017, pp. 15-21.

54. Bögenhold D., Klinglmair R., Kandutsch F. Solo Self-Employment, Human Capital and Hybrid Labour in the Gig Economy // *Foresight and STI Governance*, 2017, vol. 11, № 4, pp. 23–32. DOI: 10.17323/2500-2597.2017.4.23.32

55. Bohackova I., Hrabankova M. Income disparity of Czech agriculture - selected aspects // *Agricultural Economics-zemedelska Ekonomika*. 2008, Vol. 54, № 5. pp. 209-216. Doi 10.17221/250-agricecon

56. Bollman R. D., Reimer W. Employment, Income and Networks: Differential Characteristics of Rural Populations // *Journal of Agromedicine*. 2009, № 14:2, pp. 132-141, DOI: 10.1080/10599240902845120

57. Brynjolfsson E., McAfee A. *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. New York: Norton, 2014.

58. Castro A., Pereira J.M., Amiama C., Bueno J. Estimating efficiency in automatic milking systems // *Journal of Dairy Science*. 2012, Vol. 95, pp. 929-936. DOI: 10.3168 / jds.2010-3912.

59. Cooper K., Parsons D. An economic analysis of automatic milking using a simulation model. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 1999, 73(3), 311-321.

60. Cooper K., Parsons D., A simulation model of an automatic milking system applying different management strategies. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 1998, №69(1), pp. 25-33

61. Cunha M. S. Os empregados da agricultura brasileira: diferenciais e determinantes salariais // *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Vol. 46, № 3, pp.597-621

62. Davidson N., Mariev O., Pushkarev A. The Impact of Externalities on the Innovation Activity of Russian Firms. *Foresight and STI Governance*, 2018, vol. 12, № 3, pp. 62–72.

63. Dijkhuizen A., Huirne R., Harsh S., Gardner R., Economics of robot application. *Computers and Electronics in Agriculture*, 199, 17(1), pp. 111-121

64. Dijkstra, L. Ruiz V. Refinement of the OECD regional typology: Economic Performance of Remote Rural Regions [Electronic resource] // Available at : [www.oecd.org/dataoecd/41/56/45511797.pdf](http://www.oecd.org/dataoecd/41/56/45511797.pdf) (accessed 01.05.2018)

65. Duckett T., Pearson S., Blackmore S., Grieve B., Chen W., Cielniak G., Jason Cleaversmith J., Dai J., Davis S., Fox C., From P., Georgilas I., Gill R., Gould I., Hanheide M., Lida F., Milhalyova L., Nefti-Meziani S., Neumann G., Paoletti P., Pridemore T., Ross D., Smith M., Stoelen M., Swainson M., Wane S., Peter Wilson P., Wright I. *Agricultural Robotics: The Future of Robotic Agriculture (UK-RAS White Papers, Robotics and Autonomous Systems Network)*. Available at: [www.ukras.org](http://www.ukras.org) (last accessed 12 March 2019).

66. Enright M.J. Survey on the characterization of regional clusters: Initial results. Hong Kong: University of Hong Kong. 2000.

67. Freeman R. B. Satisfaction with work as an economic variable // American Economic Review – 1978 – vol. 68 – p. 135-141. DOI: 10.3386 / w0225

68. Frey C. B. and Osborne M. A. The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerization? // Oxford Martin School, Programme on the Impacts of Future Technology, 2013, 38 pp.

69. Grothmann A., Moser L., Nydegger F., Steiner A., & Zähner M. Influence of Different Feeding Frequencies on the Rumination and Lying Behaviour of Dairy Cows, Proceedings International Conference of Agricultural Engineering. Zurich, 2014, pp. 1-6.

70. Grothmann A., Nydegger F., Häußermann A., & Hartung E. Automatic Feeding System (AFS) – Potential for Optimisation in Dairy Farming. Landtechnik, 2010, N 2 (65), pp. 129-131.

71. Gustafsson M., Benfalk C. Different locations of instant cooling in the automatic milking system and the effect on milk quality // Proceedings of the international symposium Automatic Milking, a better understanding. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2004.P. 526. DOI: 10.3920/978–90–8686–525–3.

72. Hawken P., Lovins A., Lovins L. Natural capitalism: The next industrial revolution // Abingdon and New York: Routledge, 2013, 404 p.

73. Heikkilä, A.M., Vanninen, L., Manninen, E. Economics of small-scale dairy farms having robotic milking. // Proceedings of the first North American conference on precision dairy management, 2010, Toronto, Canada, 2–5 March 2010

74. Hyde J., Engel P. Investing in a robotic milking system: A Monte Carlo simulation analysis. *Journal of Dairy Science*, 2002, №85, pp. 2207-2214.

75. International Organization for Robotics. Access mode: [https://ifr.org/downloads/press2018/2021\\_10\\_28\\_WR\\_PK\\_Presentation\\_long\\_version.pdf](https://ifr.org/downloads/press2018/2021_10_28_WR_PK_Presentation_long_version.pdf)

76. Jago J., Eastwood C., Kerrisk K., Yule I. Precision dairy farming in Australasia: adoption, risks and opportunities, *Proceedings of the 5th Australasian Dairy Science Symposium*, Melbourne, Australia, 2012, №13-15, pp.123-135.

77. Jonard, F., Lambotte M., Ramos F., Terres J. M., Bamps C. Delimitations of rural areas in Europe using criteria of population density, remoteness and land cover // *JRC Scientific and Technical Reports (Italy)*, Revised: Via E. Fermi, 2009, 57 p.

78. Kees de Koning Automatic milking – Common practice on dairy farms. // *Proceedings of the international symposium Automatic Milking, a better understanding*. — Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2004, P. 526. — DOI: 10.3920/978-90-8686-525-3.

79. Kontsevaya S.R. Analysis and control of government subsidies for investments in agriculture of the Russian federation // *Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus*, 2017, Vol. 16, № 3, pp. 25-33.

80. Kuliesis G., Pareigiene L. Development of rural residents social portrait in 2001-2011 // *Management theory and studies for rural business and infrastructure development*. 2015, Vol. 37, № 2, pp. 231-240. DOI 10.15544/mts.2015.21

81. Leonard C. Spatial Development and Innovation in Russia // *Foresight and STI Governance*, 2016, Vol. 10, № 3, pp. 30–33. DOI: 10.17323/1995-459X.2016.3.30.33



82. Lowenberg-DeBoer J., Behrendt K., Godwin R., Franklin K. The Impact of Swarm Robotics on Arable Farm Size and Structure in the UK. 2019.

83. Manyika J., Chui M., Miremadi M., Bughin J., George K., Willmott P., Dewhurst M. A future that works: Automation, employment, and productivity. McKinsey Global Institute, 2017.

84. Marini, B. M. Mooney P. H. Rural Economies. // The handbook of Rural Studies, 2006 – p. 91–103. DOI: <http://dx.doi.org/10.4135/9781848608016.n6>

85. Mattachini G., Pompe J., Finzi A., Tullo E., Riva E., Provolo G. Effects of Feeding Frequency on the Lying Behavior of Dairy Cows in a Loose Housing with Automatic Feeding and Milking System, *Animals*. 2019, № 9, article 121. DOI:10.3390/ani9040121

86. Meskens L., Mathijs E. Socio-economic aspects of automatic milking, Motivation and characteristics of farmers in vesting in automatic milking systems// Deliverable D2 project EU: Implications of the introduction of automatic milking systems (QLK5-2000-31006). 2002, 16 p.

87. Melnikov, Yu. B. Modeling theory based on the formal-constructive interpretation of the model // *Lecture Notes in Networks and Systems*, 2021, Vol. 231. LNNS, 615–627. URL: [https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85120673335&doi=10.1007%2f978-3-030-90321-](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85120673335&doi=10.1007%2f978-3-030-90321-85120673335&doi=10.1007%2f978-3-030-90321-)

88. Melnikov, Y.B.; Skvortsov, E.; Ziablitckaia, N.; Kurdyumov, A. Modeling of Territorial and Managerial Aspects of Robotization of Agriculture in Russia // *Mathematic*, 2022, №10, 2540. <https://doi.org/10.3390/math10142540>

89. Michels M., Fecke W., Feil J.H., Musshoff Lifs-Baden F., Krone S. Anytime, anyplace, anywhere-A sample selection model of mobile internet adoption in German agriculture //

Agribusiness. Vol. 36, № 2, pp. 192-207. DOI: 10.1002/agr.21635

90. Mihnenoka A., Senfelde M. Wage share as a factor of income inequality in the context of the structure of national economy // 4Th World Conference On Business, Economics And Management (Wcbem-2015). Vol 26.pp. 1035-1043. DOI 10.1016/S2212-5671(15)00927-2.

91. Mikulova, M. Content of free fatty acids lipolytic bacteria and somatic cells in relation to milking technology // Journal of Agrobiolology – 2011, vol. 28, № 1, pp. 49–54. DOI: 10.2478 / v10146-011-0005-8

92. Molini F.; Estrada E. Innovation and the relevance of closeness or remoteness: the case of Microsoft Consulting Services // Revista electrónica de geografía y ciencias sociales – 2015 – vol.19, – no. 524 Pages 1-33 Article Number: 524

93. Monnat, Shannon M. Pickett, Camille Beeler Rural Urban differences in self-rated health: Examining the roles of county size and metropolitan adjacency // Health & place. 2011, vol. 17, №.1, pp. 311-319.

94. O'Brien, B.,Foley, C., Shortall, J., Shalloo, L. An economic appraisal of automatic and conventional milking within a grass based seasonal milk production system // 7 European conference on precision livestock farming, Milan, Italy, 2015, № 15-18.

95. Oguz, C., Yener, A., Productivity analysis of dairy cattle farms in Turkey: case study of Konya Province. Custos e Agronegocio, 2018, 14(1), pp. 298-319.

96. Örs A., Oğuz C. Comparison of the Economic Performance of Robotic Milking System and Conventional Milking System. Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences, 2018, № 8(2). pp. 35-51

97. Örs A., Oğuz C. Economic Performance of Robotic Milking // Conference: The Eurasian Agriculture and Nature Sciences Congress, 2017, pp. 86-96

98. Özdemir V., Hekim N. Birth of industry 5.0: Making sense of big data with artificial intelligence, “the internet of things” and next-generation technology policy. *Omics* 2018, 22, 65-76.

99. Parry M. L. et al. Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios. *Global Environmental Change-human and Policy Dimension*. 2004, Vol. 14, pp. 53-67.

100. Perloff J.M. The impact of wage differentials on choosing to work in agriculture // *American Journal Of Agricultural Economics*. 1991, Vol. 73, № 3, pp. 671-680. DOI 10.2307/1242819

101. Pezzuolo A., Chiumenti A., Sartori L., & Da Borso F. Automatic Feeding Systems: Evaluation of Energy Consumption and Labour Requirement in North-East Italy Dairy Farm. *Engineering for Rural Development*. 2016, № 15, pp. 882- 887.

102. Reinemann D.J., Smith D.J. Evaluating Control Systems for the United States // *Robotic Milking, Wageningen*, 2000, pp. 232-238.

103. Robot Race: The World’s Top 10 automated countries // <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-race-the-worlds-top-10-automated-countries>

104. Salgues, B. *Society 5.0: Industry of the Future, Technologies, Methods and Tools*; John Wiley Sons: Hoboken, N.J., USA, 2018.

105. Scialabba N., Müller-Lindenlauf M. Organic agriculture and climate change. *Renewable Agriculture and Food Systems*. 2010, 25(2), 158-169. doi:10.1017/S1742170510000116

106. Shamshiri R.C., Weltzien C., Hameed I., Yule I., Grift T., Balasundram S., Pitonakova L., Ahmad D., Chowdhary

G. 'Research and development in agricultural robotics: A perspective of digital farming', *International Jr. Agriculture and Biological Engineering*, 2018, Vol. 11, pp. 1-14.

107. Shockley J., Dillon C. Scott S. An economic feasibility assessment of autonomous field machinery in grain crop production // *Precision Agriculture*. 2019, Available at: <https://doi.org/10.1007/s11119-019-09638-w> .

108. Tranel L.F., Schulte K.M., The economics of robotic milking systems. In: *Proceedings of the Precision Dairy Conference and Expo - A Conference on Precision Dairy Technologies*. University of Minnesota, 2013,pp. 49-50

109. Tse C., Barkema H. W., DeVries T. J., Rushen J., Pajor E. A. Impact of automatic milking systems on dairy cattle producers' reports of milking labour management, milk production and milk quality // *Published online by Cambridge University Press*. 2018, pp. 1-8 DOI: <https://doi.org/10.1017/S175173111800065>

110. Veneri P. Urban-to-Rural Population Growth Linkages [Electronic resource]: working paper / P. Veneri, V. Ruiz. 2015. – Available at : <http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/download/5k49lcrq88g7.pdf> (accessed 01.05.2018)

111. Veysset P., Wallet P., Prugnard E. Automatic milking systems: Characterising the farms equipped with AMS, impact and economic simulations. *ICAR Technical Series*, 2001. № 7, pp. 141-150

112. Vivarelli M. Innovation, employment and skills in advanced and developing countries: A survey of economic literature // *Journal of Economic Issues*, 2014. Vol. 48, № 1, pp. 123-154/

113. WautersE., MathijsE. Socio-economic consequences of automatic milking on dairy farms. // *Proceedings of the international symposium Automatic Milking, a better understanding*. — Wageningen: Wageningen Academic

Publishers, 2004. — P. 526. — DOI: 10.3920/978-90-8686-525-3.

114. Wiggins S., Proctor S. How special are rural areas? The economic implications of Location for Rural Development // Development Policy Review, 2001 – vol. 19 – no. 4 – p. 427–436. <http://dx.doi.org/10.1111/1467-7679.00142>

115. Woldometer <https://www.worldometers.info/world-population/>

116. World Bank. 2012. World Development Indicators Online. Washington, D.C.: World Bank Retrieved December 2012 from <http://databank.worldbank.org/ddp/home.do?Step=12&id=4&CNO=2>.

117. Zamboni I., Cecchini M., Egidi G., Saporito M.G., Colantoni A. Revolution 4.0: Industry vs. Agriculture in a Future Development for SMEs. Processes. 2019, 7, 36. <https://doi.org/10.3390/pr7010036>

# Приложения

## Хозяйства Калужской области, использующие элементы точного сельского хозяйства

5. Роботизация процесса доения					
1	ИП Глава КФХ Пивкин Д.Ю.	роботизированная установка Фулвуд	Merlin	2	2018
2	АО «Кривское»	роботизированная установка Де Лаваль	VMS 2014	8	2015
3	ООО «АФ Хоть- ково»	роботизированная установка Lely	Astronaut A4	4	2015
4	ООО «Агроком- плекс «Козель- ское молоко»	роботизированная установка Де Лаваль	VMS	4	2013
5	ООО «Стрель- ня»	роботизированная установка Lely	Astronaut A4	7	2012
6	ООО «Путоги- но»	роботизированная установка Фулвуд	Merlin	2	2015
7	ООО «Живой Источник»	роботизированная установка Де Лаваль	Delaval	2	2015
8	КФХ Матросов А.А.	роботизированная установка Lely	Astronaut A4	2	2011
9	КФХ «Иванов В.И.»	роботизированная установка Сак	Sac	2	2015
10	КФХ «Дорони- на Н.В.	роботизированная установка Сак	Sac	1	2016
11	КФХ «Зверева Н.А.»	роботизированная установка Lely	Astronaut A4	1	2016
12	КФХ «Марты- нова Л.А.»	роботизированная установка GEA	MI one	1	2019
13	ООО «Молоко Групп»	роботизированная установка Фулвуд	Merlin	8	2017
14	КФХ Слесаре- вой Е.А.	роботизированная установка Lely	Astronaut A4	2	2018
15	ООО «Калуж- ская Нива»	роботизированная установка GEA	MI one	32	2013

16	СПК «Русь»	роботизированная установка Lely	Astronaut A4	2	2014
17	ИП Глава К(Ф) Х Тарасенков В.Г.	роботизированная установка Lely	Astronaut A4	2	2014
18	ООО «ЭКО продукты»	роботизированная установка Сак	RDS	2	2018
19	КФХ Кузмин В.Я	роботизированная установка Lely	Astronaut A4	1	2012
20	КФХ Козлов В.А.	роботизированная установка Lely	Astronaut A4	2	2015
21	КФХ Кошманов В.Е.	роботизированная установка Lely	Astronaut A4	2	2015
22	ООО «Антей-Агро»	роботизированная установка Lely	Astronaut A4	4	2016
23	КФХ Паршиков В.А.	роботизированная установка Lely	Astronaut A4	2	2017
24	КФХ Рябовой М.С.	роботизированная установка Lely	Astronaut A4	2	2018
25	КФХ Пугачев И.И.	роботизированная установка Фулвуд	Merlin	2	2015

**Внедрение технологий точного земледелия  
в Республике Коми**

Наименование организации	Наименование техники, обслуживания	Марка, модель	Количество, шт.	Год приобретения
-	-	-	-	-

**Внедрение робототехники в Республике Коми**

Наименование организации	Наименование техники, обслуживания	Марка, модель	Количество, шт.	Год приобретения
ООО Племхоз «Извайльский-97»	Доильный робот	Автоматическая доильная система (установка доильная, модель Monobox)	1	2018
	Доильный робот	Автоматическая доильная система (установка доильная, модель Monobox)	1	2019
ООО «АГРОресурс»	Доильный робот	Astronaut A5 с центральным блоком	2	2019
ООО «Мегадорское»	Доильный робот	VMS	2	2018



## Внедрение робототехники в Свердловской области

Наименование организации	Наименование техники, оборудования	Марка, модель	Кол-во, шт.	Год приобретения
Общество с ограниченной ответственностью «Юбилейное»	робот	DeLaval	1	2015
	робот	DeLaval VMS	1	2016
Сельскохозяйственный производственный кооператив «Глинский»	робот	DeLaval VMS	2	2016
	робот	Leli Astronaut 4A	2	2014
Общество с ограниченной ответственностью «Русь Великая»	робот	DeLaval VMS	2	2014
Индивидуальный предприниматель главы крестьянского фермерского хозяйства Шишкин А.А.	робот	Leli Astronaut 4A	1	2013
	робот	Leli Astronaut 4A	1	2016
Сельскохозяйственный производственный кооператив «Заря»	робот	Leli Astronaut 4A	2	2013
	робот	Leli Astronaut 4A	2	2016
Индивидуальный предприниматель Барбашин Д.А.	робот	Leli Astronaut 4A	2	2014
Индивидуальный предприниматель Зиннурова Р.М.	робот	Leli Astronaut 4A	2	2014
Общество с ограниченной ответственностью агрофирма «Никольское»	робот	Leli Astronaut 4A	2	2014
Общество с ограниченной ответственностью «Ямовский»	робот	Leli Astronaut 4A	4	2015
	робот	Leli Astronaut 4A	2	2016

Колхоз «Урал»	робот	Leli Astronaut 4A	2	2015
	робот	Leli Astronaut 4A	2	2017
Акционерное общество «Волчанское»	робот	Leli Astronaut 4A	2	2016
Производственный сельскохозяйственный кооператив «Колос»	робот	Merlin 225	2	2013
Общество с ограниченной ответственностью «Дерней»	робот	Leli Astronaut 4A	4	2017
Сельскохозяйственный производственный кооператив «Птицесовхоз «Скастинский»	робот	DeLaval VMS	2	2018
	робот	DeLaval VMS	2	2019
Общество с ограниченной ответственностью СПП «Надежда»	робот	Monobox	4	2018

## Внедрение робототехники в Тюменской области

Наименование организации	Наименование техники, обслуживания	Марка, модель	Кол-во, шт.	Год приобретения
ОАО «Совхоз «Червишевский»	Установка роботизированного доверия	Lely Astronaut A4	1	2012
ОАО «Совхоз «Червишевский»	Установка роботизированного доверия	Lely Astronaut A4	1	2013
ООО «ПК «Молоко»	Установка добровольного доения	VMS (Делаваль)	8	2013
ЗАО «Маяк»	Установка добровольного доения	VMS (Делаваль)	8	2014
ООО «Колос»	Установка добровольного доения	VMS (Делаваль)	4	2014

## Внедрение робототехники в Архангельской области

Наименование организации	Наименование техники, оборудования (марка, модель)	Сфера применения	Количества, шт	Год приобретения
АО «Важское»	Роботизированная установка VMSDELAVAL	Роботизация процесса доения	13	н/д
КФХ Малахов В.В.	Робот-дойяр DeLaval	Роботизация процесса доения	4	н/д

Монография

**Скворцов  
Егор Артемович**

Размещается в сети Internet на сайте  
ГАУ Северного Зауралья  
[https://www.tsaa.ru/documents/publications/2022/  
skvortsov.pdf](https://www.tsaa.ru/documents/publications/2022/skvortsov.pdf), в научной электронной библиотеке  
eLIBRARY, ИТАР-ТАСС, РГБ,  
доступ свободный

Издательство электронного ресурса  
Редакционно-издательский отдел  
ФГБОУ ВО «ГАУ Северного Зауралья».  
Заказ №1120 от 27.12.2022; авторская редакция.  
Почтовый адрес: 625003, Тюменская область,  
г. Тюмень, ул. Республики, 7.  
Тел.: 8 (3452) 290-111, e-mail: rio2121@bk.ru