

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
И ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЛУЖБЫ
ПРИ ПРЕЗИДЕНТЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»**

Магомедов Р.Н., Пономарев Ю.Ю.

**Модели трансформации отраслевых производственных
функций российской экономики и их применение на
новом этапе промышленной политики**

Москва 2019

Аннотация. В настоящее время российская экономика находится в фазе восстановления после стагнации, вызванной снижением экспортных цен на углеводороды, сокращением бюджетных доходов и международными санкциями. Снижение доходности в сырьевых отраслях экономики дало некоторый импульс для развития обрабатывающей промышленности, однако темпы роста промышленности все еще очень низки и российские промышленные компании отстают от мировых лидеров. В результате российская экономика растет темпами ниже среднемировых и не может перейти к устойчивому росту. Одной из ключевых причин такой динамики развития является технологическое отставание российской экономики от развитых стран и отсутствие достаточных предпосылок для сокращения разрыва, который в перспективе только увеличиваться ввиду ускорения технологического развития развитых стран в рамках четвертой промышленной революции. Ввиду нестабильности страновых и отраслевых условий торговли, необходимости в интеграции в международное разделение труда в рамках протекающей в настоящее время в мире четвертой промышленной революции и необходимости структурной и технологической трансформации российской экономики вопрос идентификации необходимых условий для положительных изменений производственных функций в настоящее время крайне актуальной задачей.

Настоящая работа посвящена проверке гипотез о влиянии новых технологий на производительность и производственные функции российских компаний. Для этого были решены следующие задачи:

Проведен анализ опыта технологического развития в различных странах,

Систематизированы и проанализированы теоретические и эмпирические исследования по моделям внедрения новых технологий,

Проведен обзор существующих эмпирических подходов к оценке влияния технологических шоков на производительность и производственную функцию,

Рассмотрены кейсовые примеры внедрения ключевых производственных технологий в мире и в России,

Проведена количественная оценка влияния новых технологий на СФП и вид производственной функции в цементной отрасли и в металлургической отрасли.

Abstract. Currently, the Russian economy is in a recovery phase after stagnation caused by a decrease in export prices for hydrocarbons, a reduction in budget revenues and international sanctions. The decline in profitability in the primary sectors of the economy has given some impetus to the development of the manufacturing industry, but industry growth rates are still very low and Russian industrial companies lag behind world leaders. As a result, the Russian economy is growing at a rate lower than the world average and cannot switch to sustainable growth. One of the key reasons for such development dynamics is the technological lag of the Russian economy from the developed countries and the lack of sufficient prerequisites for narrowing the gap, which in the long run will only increase due to the accelerated technological development of developed countries in the fourth industrial revolution. Due to the instability of the country and sectoral terms of trade, the need to integrate into the international division of labor within the fourth industrial revolution currently taking place in the world and the need for structural and technological transformation of the Russian economy, the issue of identifying the necessary conditions for positive changes in production functions is now a highly topical task.

The goal of the research was testing the hypotheses about the impact of new technologies on the productivity and production functions of Russian companies. For that we provided:

the review of industrial revolutions in developed and developing countries was conducted;

theoretical and empirical studies on new technology adoption models were analyzed;

the review of empirical approaches to the estimation of impact of technological changes on productivity and production functions was conducted;

case studies of adoption of new technologies were analyzed;

the impact assessment of new technologies on TFP and production functions in cement industry and steel industry in Russia.

Пономарев Ю.Ю. заведующий научно-исследовательской лабораторией инфраструктурных и пространственных исследований ИОРИ Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ

Магомедов Р.Н. научный сотрудник лаборатории инфраструктурных и пространственных исследований ИОРИ Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ

Данная работа подготовлена на основе материалов научно-исследовательской работы, выполненной в соответствии с Государственным заданием РАНХиГС при Президенте Российской Федерации на 2018 год

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 АНАЛИЗ МИРОВОГО ОПЫТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ	7
1.1 АНАЛИЗ ОПЫТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ В РАЗВИТЫХ СТРАНАХ...	7
<i>Первая промышленная революция</i>	<i>8</i>
<i>Вторая промышленная революция</i>	<i>11</i>
<i>Третья промышленная революция.....</i>	<i>13</i>
<i>Четвертая промышленная революция</i>	<i>15</i>
2 АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ШОКОВ НА ПРОИЗВОДСТВЕННУЮ ФУНКЦИЮ	19
2.1 ОБЗОР ТЕОРЕТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ШОКОВ НА ПРОИЗВОДСТВЕННУЮ ФУНКЦИЮ	19
2.1.1 <i>Обзор теоретических моделей по факторам, влияющим на внедрение и распространение новых технологий</i>	<i>19</i>
2.2.1 <i>Обзор эмпирической литературы по факторам, влияющим на внедрение и распространение новых технологий</i>	<i>21</i>
2.2.2 <i>Обзор эмпирических подходов к оценке влияния внедрения новых технологий на производительность и производственные функции.....</i>	<i>24</i>
3 АНАЛИЗ КЕЙСОВЫХ ПРИМЕРОВ КЛЮЧЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПРОЦЕСС УМНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	32
4.1 МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ШОКОВ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФУНКЦИИ.....	57
4.2 ОПИСАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ	58
4.3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ШОКОВ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФУНКЦИИ.....	64
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	75
ЛИТЕРАТУРА.....	79

ВВЕДЕНИЕ

В конце 2014 г. произошло резкое изменение страновых и отраслевых условий торговли. Долларовые поступления от экспорта энергоносителей сократились, что повлекло за собой снижение бюджетных доходов и стагнацию российской экономики. Рост ценовой конкурентоспособности отечественных товаров на мировом рынке не повлек за собой существенного роста объемов производства и экспорта отраслей обрабатывающей промышленности. Это связано со значительным технологическим отставанием компаний отечественной промышленности. Вместе с тем в мире происходит изменение технологического уклада производства, что в случае инерционного развития отечественной экономики еще больше увеличит отставание российской экономики. Для структурной и технологической трансформации экономики необходимо понимать факторы, которые влияют на внедрение новых технологий, каналы их влияния и насколько сильно данные технологии влияют на отраслевую эффективность. В настоящем исследовании осуществляются количественная оценка влияния внедрения новых технологий на производительность и производственные функции отраслей российской экономики.

Технологическое отставание фигурирует в числе основных причин, называемых экономическими экспертами и компаниями различных отраслей промышленности, препятствующих экономическому развитию страны. В электронной промышленности отставание по оценкам отечественных экспертов составляет около 4 лет, в станкостроении – около 10-15 лет. В автомобильной отрасли, согласно экспертному мнению главы Сбербанка Германа Грефа, технологическое отставание составляет 3 технологических поколения, которые были пройдены западной автомобильной промышленностью в течение 15 лет. В цементной отрасли большинство зарубежных компаний уже перешло на более эффективный и менее затратный сухой способ производства, тогда как в России большая часть компаний по-прежнему использует старый неэффективный мокрый способ производства. Данные примеры показывают, что многие отрасли промышленности существенно уступают по технологическому уровню развития западным компаниям. Актуальность настоящего исследования обуславливается важностью понимания факторов, которые влияют на решения компаний о внедрении новых технологий и необходимостью оценки влияния технологических шоков на производительность и производственные функции российских компаний.

Количественная оценка влияния технологических нововведений на производственные функции отраслей российской экономики позволит более точно прогнозировать последствия технологической трансформации экономики и приведет к более глубокому пониманию факторов, которые влияют на решения фирм о внедрении новых технологий и на степень влияния на производительность.

1 Анализ мирового опыта технологического развития

Исторически наибольшие технологические сдвиги происходили благодаря промышленным революциям. В настоящее время можно выделить 4 промышленные революции (см. таблицу 1). Первая промышленная революция началась в конце 18 века в Великобритании. Вторая промышленная революция протекала в первой половине 20 века и характеризовалась электрификацией экономического производства. Третья промышленная революция охватила вторую половину 20 века. Четвертая промышленная революция началась в 21 века и протекает в настоящее время.

Таблица 1 – Основные характеристики промышленных революций

Промышленная революция	Период	Переходный период	Энергоресурсы	Главные технические достижения	Основные развивающиеся отрасли	Транспортные средства
Первая	1760-1900	1860-1900	Уголь	Паровой двигатель	Текстильная, стальная отрасли	Поезда
Вторая	1900-1960	1940-1960	Нефть, электричество	Двигатель внутреннего сгорания	Металлургия, Автомобилестроение, машиностроение	Поезда, автомобили
Третья	1960-2000	1980-2000	Ядерная энергия, природный газ	Компьютеры, роботы	Автомобилестроение, химическое производство	Автомобили, самолеты
Четвертая	2000-	2000-2010	Зеленая энергия	Интернет, 3D печать, геномная инженерия	Высокотехнологичные отрасли	Электромобили, сверхскоростные поезда

Источник: Priscary, P. «Challenges of the fourth industrial revolution», 2016, [1].

1.1 Анализ опыта технологического развития в развитых странах

До промышленной революции разница между развитыми и развивающимися странами в уровне ВВП на душу населения, в уровне технологического производства и эффективности была небольшой. Согласно некоторым оценкам, валовый национальный продукт на душу населения в странах третьего мира даже немного превышал аналогичный показатель в европейских странах. Однако в дальнейшем произошла так называемая «Великая дивергенция» в экономическом развитии стран западного мира и стран третьего мира, часть из которых в то время еще были колониями. В результате к 1900 г. ВВП на душу населения в развитых странах был более, чем в 3 раза больше, чем у развивающихся, к 1950 г. – более, чем 3 раза, а к 1977 г. – более, чем в 7 раз. В то же время суммарный ВВП развитых стран был более, чем в 2.5 раза, больше, чем у развивающихся стран, в 1977 г., тогда как до первой промышленной революции в 1750 г. был меньше практически в 3 раза.

Первая промышленная революция

Большинство ученых сходятся во мнении, что отсчет промышленных революций необходимо начинать с индустриального переворота, произошедшего в Великобритании во второй половине XVIII-первой половине XIX в. Однако, мало кто знает, что сам термин «промышленная революция» обязан своим происхождением отнюдь не Великобритании. Предполагается, что данный термин был введен в употребление в XIX в. представителями французской политической экономии [2]. Несмотря на отсутствие формального определения, многие французские философы и экономисты того времени подразумевали под промышленной революцией стремительный экономический рост Великобритании, вызванный внедрением новых технологий и машин в массовое производство. Поскольку промышленные перевороты оказывали колоссальное влияние на жизнь всего общества, термин «промышленная революция» пользовался повышенным вниманием в кругу историков и экономистов, постоянно дополняясь и приобретая новые смыслы. Например, Ф. Энгельс уделял особое внимание влиянию промышленных революций на социальный строй и называл английский пролетариат «самым важным детищем» английского промышленного переворота.

Тем не менее, первая целостная концепция промышленной революции была предложена только в 1884 г. В своих «Лекциях по промышленной революции в Англии» [3], английский историк и экономист А. Тойнби определяет промышленную систему как совокупность хозяйственных, торговых и общественных отношений, а промышленную революцию – как смену старой промышленной системы на новую. К концу XIX – началу XX в. исследователи-позитивисты формируют общепринятое определение промышленного переворота. Под *промышленной революцией* они подразумевают «относительно кратковременный насыщенный период «великих» изобретений в промышленности и появление современного фабричного капитализма» [2]. Однако, уже в 1920-1940-х гг. данное определение подвергается критике со стороны экономистов и историков.

Первая промышленная революция началась в Великобритании в конце 18 века. В ряде отраслей промышленности произошел ряд крупных технологических изменений. В текстильной отрасли появились новые прядильные машины, которые были изобретены с целью автоматизации процесса кручения хлопковой нити [4]. Среди новых прядильных машин, изобретенных в 18 веке, можно выделить машину Джона Уайатта 1733 г., прядильную машину Дженни, изобретенную Джеймсом Харгривсом в 1765 г., ватерную машину («Waterframe»), которая была изобретена Аркрайтом в 1769 году, самолетный челнок для ручного ткацкого станка, изобретенный Джоном Кэем в 1733 г. Прядильная машина Аркрайта была предназначена для прядения с использованием силы воды. Аркрайт

лишь позаимствовал изобретение у Томаса Хайса. В 1779 г. появился новый усовершенствованный комбинированный станок, который был изобретен Сэмюэлем Кромптоном. Самолетный челнок позволял ткать широкие ткани на станке с помощью одного человека. Прялка дженни позволяла производить в 6 раз больше нити чем обыкновенная прядильная машина в то время и могла приводиться в движение одним рабочим. Таким образом, данное нововведение лишало работы пять прядильщиков. Данные изобретения внесли существенный вклад в рост общей производительности в экономике (см. таблицу 2).

Таблица 2 – Вклад различных отраслей экономики в темп роста совокупной эффективности во время первой промышленной революции

Отрасль	Темп роста эффективности	Доля в добавленной стоимости	Вклад в темп роста эффективности (% в год)
Текстильное производство	2.3	0.11	0.25
Железо и сталь	1.8	0.01	0.02
Добыча угля	0.2	0.02	0.00
Транспорт	1.5	0.08	0.12
Сельское хозяйство	0.4	0.30	0.11
Суммарный вклад		0.51	0.49
Вся экономика		1.00	0.58

Источник: Clark, Handbook of Economic Growth, Chapter 5, The industrial revolution, 2014, [5].

Кроме того, согласно исследованию Аллена [6], прялка Дженни появилась впервые именно в Британии, поскольку соотношение цен труда и капитала там было выше, чем в других странах, что стимулировало создание трудосберегающих и капиталоемких технологий. Цена капитала складывалась из стоимости оборудования, процентной ставки и нормы амортизации. В свою очередь стоимость оборудования складывалась из стоимости материалов, которые использовались для производства оборудования, и зарплаты рабочих в отрасли по производству оборудования. В то же время, стоит отметить, что инноваторы не получили значительных финансовых выгод благодаря своим изобретениям (см. таблицу 3).

Таблица 3 – Изобретения первой промышленной революции и выгоды инноваторов

Инноватор	Устройство	Результат
Джон Кэй	Летающий челнок	Стал бедным в результате судебных разбирательств по патентованию. Умер в бедности во Франции
Джеймс Харгривз	Прялка Дженни, 1769	Отказали в патенте
Ричард Аркрайт	Ватерная машина, 1769	Состояние 0.5 млн фунтов стерлингов ко времени смерти в 1792
Самуэль Кромптон	Мьюл Дженни, 1779	Не было попыток запатентовать изобретение. Грант 500 фунтов стерлингов от промышленников в 1790 г., грант 5000 фунтов стерлингов от парламента в 1811
Реверенд Эдмунд Картрайт	Механический ткацкий станок, 1785	Не получил никаких выгод от патента. Фабрика разрушена. Получил 10000 фунтов стерлингов от парламента в 1811 г.

Эли Витни	Коттон-Джин	Не получил никаких выгод от патента. Позднее сделал состояние на поставках оружия для американской армии
-----------	-------------	--

Источник: Clark, Handbook of Economic Growth, Chapter 5, The industrial revolution, 2014, [5].

В металлургической отрасли одним из основных достижений промышленной революции стала замена древесного угля на каменноугольный кокс [4]. Автором данного нововведения стал Клемент Кларк. В 1735 г. Дерби смог получить каменноугольный кокс и выплавить из него чугуна. В 1750 г. появились первые заводы, в которых использовался каменный уголь. Кроме того, в отрасли был разработан новый технологический процесс пудлингования, который позволил значительно улучшить качество чугуна. Еще одним технологическим изобретением стал «тигельный процесс» Хантсмана, позволявший значительно увеличить качество производимой стали. Другим важным технологическим нововведением стало введение горячего дутья Джеймсом Бомоном Нильсоном в 1828 г. Горячее дутье представляло собой подачу в печь для выплавки стали нагретого воздуха. Это позволило значительно снизить издержки выплавки стали за счет снижения расхода топлива.

Одним из центральных изобретений в Англии во время промышленной революции стал паровой двигатель Уатта, который мог использоваться для приведения в движение станков и выкачивания воды из шахт. Согласно оценкам Крафтса [7], наибольший вклад в производительность паровой двигатель внес во второй половине 19 века. В 1870-1910 гг. вклад стационарного парового двигателя составил 0.14 п.п. в темпы роста производительности труда в Британской экономике. Совокупный вклад составил 0.20 п.п.

Второй страной вслед за Англией, в которой началась первая промышленная революция, стала Франция [8]. Толчком к промышленной революции в Франции стала Великая французская революция, результатом которой стало уничтожение абсолютной монархии и провозглашение в 1792 г. Первой французской республики. В отличие от Англии, промышленный переворот во Франции происходил намного медленнее. Большую роль в экономике Франции играло сельское хозяйство, на которое приходилось 75% национального дохода страны. Одной из характерных черт революции был рост использования в производственном процессе паровых машин. В 1815 г. насчитывалось 15 компаний, использовавших паровые машины (в Англии на тот момент времени уже 15 тыс компаний), в 1830 г. – более 600, а 1852 – 6 тыс паровых машин.

Помимо Франции промышленная революция произошла также и в Германии [9]. Промышленная революция началась в Германии в 1830-е гг. В 30-х гг. 19 века начали применяться паровые машины. В 1837 г. в Силезии использовалось всего 8 паровых двигателей. В 1850-1860-е гг. промышленная революция в Германии ускоряется за счет

переход от мануфактурного способа производства к фабричному. Дополнительный толчок для промышленной революции дали отход от феодально-крепостнических взаимоотношений в сельском хозяйстве и мартовская революция в 1848-1849 гг.

Промышленные изобретения в Великобритании оказали влияние также на технологическое развитие экономики США [10]. В начале промышленного переворота сильный толчок к развитию получила хлопчатобумажная отрасль. Благодаря усилиям Самюэля Слэйтера британские методы производства в текстильной отрасли были внедрены в США, что значительно увеличило производительность в американской текстильной отрасли. Другим важным промышленником, внесшим большой вклад в промышленный переворот в США, стал Фрэнсис Ловелл. Он основал в Массачусетсе Бостонскую промышленную компанию, в которой производилась конечная продукция из хлопка. В данной компании также применялись технологии, которые были внедрены в Британии во время первой промышленной революции. Рост доли паровых двигателей в общем объеме используемой энергии в США начался в 1869 г. Доля выросла примерно с 50 до 80% к 1899 г. Рост доли паровых двигателей происходил за счет снижения доли энергии, вырабатываемой с помощью водяных мельниц.

Таким образом, первая промышленная революция значительно изменила технологический уклад Англии, Германии, Франции и США. Усовершенствованные прядильные машины, паровой двигатель, переход от мануфактурного производства к фабричному, использование каменного угля вместо древесного в металлургии значительно увеличили эффективность производства и повысили уровень жизни в данных странах.

Вторая промышленная революция

Вторая Промышленная Революция - инновационный период в мировой промышленности, начавшийся во второй половине XIX века и продолжавшийся вплоть до начала Первой Мировой Войны. Несмотря на то, что среди историков отсутствует консенсус относительно точных дат начала и конца Второй Промышленной Революции, традиционно ее отсчет начинается с 1860-х годов - периода внедрения бессемеровского способа выплавки стали, а ее кульминацией считается электрификация производства, распространение поточного производства и поточных линий. К ключевым нововведениям Технологической Революции также относятся массовое производство высококачественной стали, активное строительство железных дорог, механизация производства, распространение использования химикатов [11]. Другие технические достижения второй промышленной революции перечислены в таблице 4. Одним из основных трендов данного периода времени стала массовая электрификация производства.

Большая часть нововведений, появившихся в период Второй Промышленной Революции, была связана с внедрением новых факторов производства. В частности, одним из ключевых прорывов стало массовое замещение чугуна сталью. Использование стали в массовом производстве стало возможным благодаря Генри Бессемеру. В середине 1850-х этот ученый изобрел бессемеровский процесс переработки жидкого чугуна в литую сталь путем продувки сквозь него сжатого воздуха. Таким образом, сталь по сути своей представляет усовершенствованную версию чугуна с уменьшенной концентрацией содержания углерода и вредных примесей – фосфора и серы. В результате бессемеровского процесса переработки, сталь приобретает гораздо более высокие физико-механические свойства в сравнении с чугуном. Она становится более прочной, хорошо поддается резанию, а также ковке и закаливанию. Более того, в расплавленном состоянии сталь жидкотекучая, что позволяет изготавливать из нее различные отливки. Важно отметить, что бессемеровский процесс получил столь широкое и быстрое распространение, поскольку он позволял существенно сократить издержки и ускорить процесс производства стали. Вместо прежнего дня, требовавшегося на изготовку стали, благодаря Генри Бессемеру стало возможным производить несколько тонн высококачественной стали в течение 10-20 минут. Появление бессемеровского процесса производства стали послужило существенным толчком для развития огромного количества индустрий: строительства зданий, создания кораблей и промышленного оборудования, развития транспортной системы и т.д. В дальнейшем был осуществлен переход к использованию мартеновских печей, что еще в большей степени увеличило эффективность производства в металлургической отрасли.

Таблица 4 – Ключевые технические и предпринимательские достижения

Год	Ключевые технические достижения
1870	Электрический генератор
1873	Мотор-генератор
1878	Генерирование электричества с помощью парового двигателя
1879	Раскаленный свет
1882	Электричество стало торгуемым товаром
1883	Моторы стали использоваться в обрабатывающей промышленности
1884	Создание паровой турбины
1886	Westinghouse Electric создает переменный ток для света
1888	Тесла разрабатывает мотор на переменном токе
1891	Начала осуществляться передача переменного тока для промышленного использования
1892	Westinghouse Electric представляет на рынок полифазный индукционный двигатель переменного тока, создание General Electric company посредством слияния
1893	Самуэль Инсулл становится президентом компании Chicago Edison Company
1895	Началась генерация переменного тока на Ниагарском водопаде
1900	Создание парового двигателя центральной станции и генератора переменного тока
1907	Создание территориальных монополий, регулируемых государством
1917	Преобладание двигателей главного привода, мощности и уровня генерации коммунальных компаний превысили мощности и уровни генерации промышленных компаний

Источник: Atkeson, A., Kehoe P. «The transition to a new economy after the Second Industrial Revolution, 2002, [11].

Другой ключевой характеристикой второй промышленной революции являлось ускоренное расширение сети железных дорог. В 1830-1890 гг. длина системы железных дорог в США увеличилась более чем в 50 раз, с 2808 миль до 163957 миль

Таким образом, вторая промышленная революция ознаменовала использование методов массового и конвейерного производства, переход от использования паровых двигателей к электрификации производства, переход к бессемеровскому процессу, а в дальнейшем и к использованию мартеновских печей в металлургии и расширение сети железных дорог. Одной из стран, которая получила сильный импульс для экономического развития благодаря второй промышленной революции, стали США. Долгосрочный темп роста производительности труда в американской экономике в период 1899-1929 г. увеличился на 1 п.п. по сравнению с периодом 1869-1899 гг. с 1.6% до 2.6%.

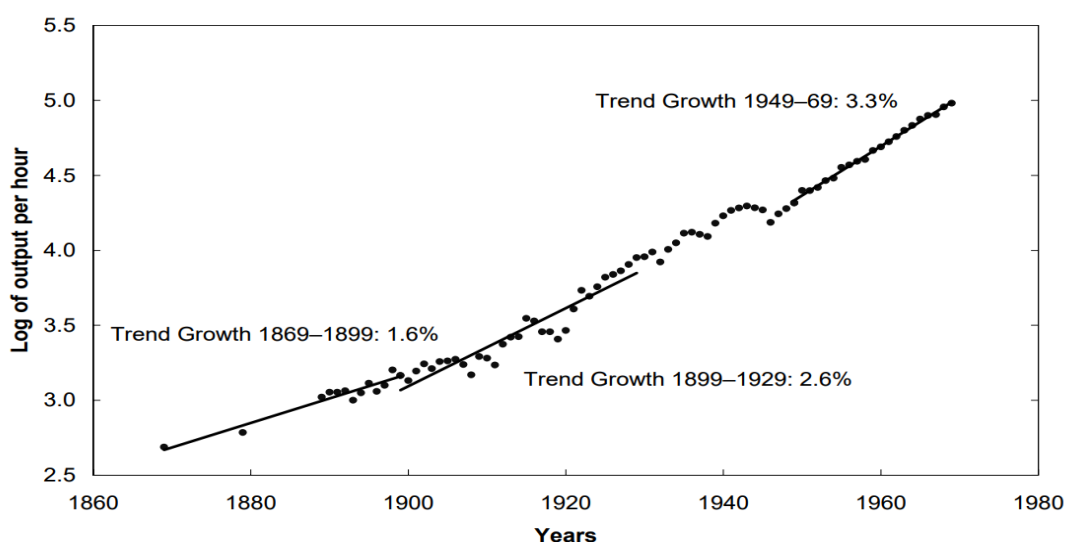


Рисунок 1 – Динамика производительности труда в США во второй половине 19 века – в первой половине 20 века.

Источник: Atkeson, A., Kehoe P. «The transition to a new economy after the Second Industrial Revolution, 2002, [11].

Третья промышленная революция

Третья промышленная революция началась во второй половине 20 века. Характерными чертами данной революции стали развитие электронной промышленности, появление новых информационных и телекоммуникационных технологий и их распространение. Среди ключевых достижений данной революции можно выделить появление транзисторов, микропроцессоров, персональных компьютеров, Интернета, игровых консолей, мобильных телефонов.

Одним из ключевых изобретений цифровой революции стали транзисторы. Транзисторы были изобретены в США в конце первой половины 20 века. Основной

компанией-разработчиком была компания Texas Instruments (далее TI). Данное изобретение стало одним из основных триггеров развития полупроводниковой промышленности в Японии и Южной Корее.

После изобретения компания TI запатентовала свою продукцию в разных странах мира. Так, в 1960 г. компания TI подала заявку на получение патентов в Японии, однако заявки не были удовлетворены японским судом. Японское правительство для развития полупроводниковой отрасли позволило японским компаниям не платить роялти. Японское правительство также использовало и другие методы поддержки [12]. Компаниям отрасли предоставлялись кредиты по заниженной процентной ставке. Кроме того, было введено требование о трансфере иностранных технологий при создании совместных с иностранцами компаний в Японии. Более того, государство стимулировало проведение совместных исследовательских проектов компаниями отрасли для избежания дублирования расходов на исследования и разработки и ускорения ее технологического развития. Данные меры позволили стать Японии одним из ключевых игроков на мировом рынке в электронной промышленности. Развитие электронной промышленности внесло существенный вклад в экономическое развитие Японии и стало одной из причин быстрого экономического развития страны после Второй мировой войны.

Развитие полупроводниковой отрасли внесло также весомый вклад в экономическое развитие Южной Кореи. Вслед за Японией полупроводниковая отрасль начала развиваться и в Южной Корее [13]. В начале 70-х гг. электронная промышленность была объявлена одной из приоритетных отраслей для развития. В начале 60-х гг. полупроводниковая отрасль в Южной Корее только начинала развиваться. Развитие в основном происходило за счет создания американскими компаниями в Южной Корее сборочных заводов. Сначала осуществлялась сборка транзисторов, а в дальнейшем – сборка интегральных схем. Основные объемы производства приходились на американские компании Fairchild и Motorola, доля которых в совокупном объеме производства составляла 95-99%. В 70-х гг. в отрасли начали появляться отечественные компании. Первой компанией, создавшей производственные мощности по обработке полупроводниковых пластин, стала KSI. Вход данной фирмы на рынок привлек в дальнейшем и другие крупные компании – Samsung и Goldstar. Данные компании, которые являлись крупными финансовыми холдингами (которые в Южной Корее назывались чеболи), перенаправили существенную часть прибыли из других отраслей в полупроводниковую отрасль, в частности в производство DRAM¹. Чеболи пользовались большой политической поддержкой, что дало им множество

¹ DRAM расшифровывается как динамическая память с произвольным доступом

дополнительных экономических льгот. Одним из основных стимулов развития производства DRAM стал их дефицит на южнокорейском рынке в середине 20 века, который возник из-за сокращения предложения японскими компаниями. Рост цен сделал производство DRAM прибыльным и рентабельным для южнокорейских производителей. В итоге, Южная Корея сумела занять нишу на мировом рынке электронной промышленности. Развитие полупроводниковой отрасли стало одной из причин высоких темпов экономического роста Южной Кореи в последние десятилетия 20 века (см. рисунок 2).

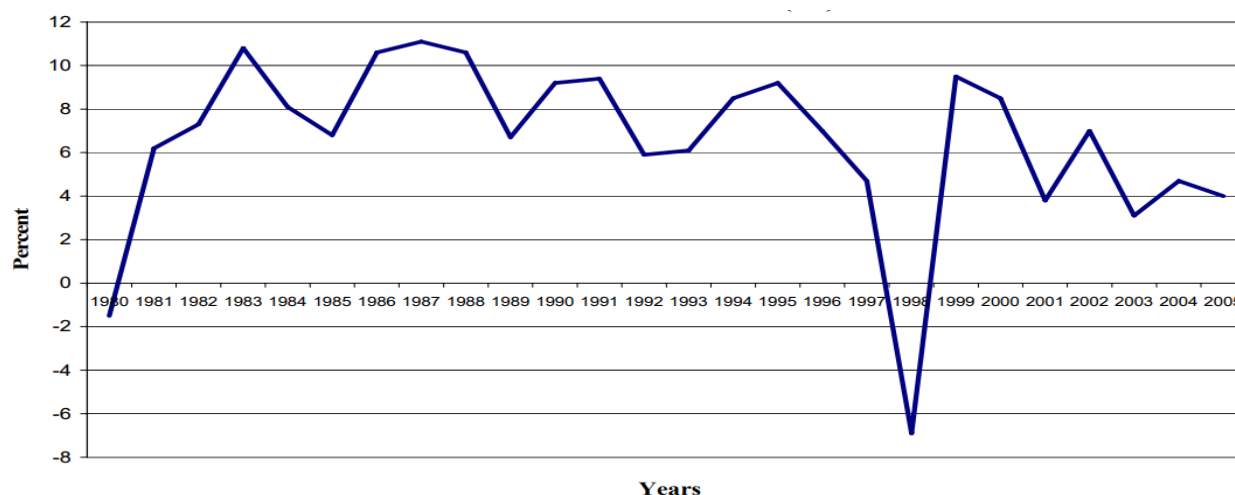


Рисунок 2 – Динамика темпов роста реального ВВП Южной Кореи в 1960-2005 гг.

Источник: Harvee C., Pahlavani M., «Sources of economic growth in South Korea: an application of the ARDL analysis in the presence of structural breaks – 1980-2005», 2006, [14].

Таким образом, третья промышленная революция ознаменовалась развитием электронной промышленности. Развитые страны сумели существенно повысить эффективность производства, снизить трудовые затраты за счет автоматизации многих бизнес-процессов, повышения эффективности и точности расчетов. Плодами третьей промышленной революции сумели воспользоваться и азиатские страны, такие как Япония и Южная Корея, которые в настоящее время уже считаются развитыми.

Четвертая промышленная революция

Четвертая промышленная революция, протекающая в мире в настоящее время, характеризуется появлением роботизированных технологий, искусственного интеллекта, нанотехнологий, квантовых технологий, биотехнологий, интернета вещей, 3d печати. Продвинутое роботизированные технологии представляют собой электрические устройства, призванные автоматизировать человеческие действия. Другими нововведением являются беспилотные транспортные средства, которые могут осуществлять передвижение при минимальном вмешательстве со стороны человека. Дроны являются одним из частных примеров беспилотных аппаратов, использующихся для перевозки почтовых писем. 3D

печать позволяет создавать трехмерные объекты путем печати соответствующих материалов. Интернет вещей представляет собой сеть виртуальных объектов, которые могут обмениваться друг с другом информацией посредством интернета. Технология искусственного интеллекта позволяет решать задачи распознавания речи, отпечатков пальцев, прогнозирования динамики различных процессов.

Германия была первой страной, где стал использоваться термин «Industry 4.0» [15]. Как и в других развитых странах, государство активно участвует в развитии производства и внедрении новейших технологий в немецкую промышленность. За счет четвертой промышленной революции государство стремится увеличить темпы роста добавленной стоимости обрабатывающей промышленности. В частности, целевой темп роста добавленной стоимости в автомобильной отрасли с 2013 по 2025 г. составлял 1.5%, в машиностроении, в производстве электрического оборудования и в химической отрасли – 2.2%.

США являются лидером четвертой промышленной революции. Американские компании инвестируют огромные средства в развитие и внедрение новых технологий, в производство новых товаров. Среди ведущих компаний можно выделить: IBM, Cisco, Intel, Microsoft, Texas Instruments.

Кроме того, государство в США играет большую роль в ускорении развития новой промышленности. В 2011 г. во время президентства Барака Обамы была принята программа «Advanced Manufacturing Partnership». Программа была разработана для поддержки развития новых зарождающихся технологий, например, информационных технологий, нанотехнологий, биотехнологий. В частности, были запущены подпрограммы по поддержке отраслей по созданию передовых материалов, роботостроения следующего поколения, энергоэффективного производства, оборонной промышленности.

Кроме того, президентом Обамой была предложена программа National Network for Manufacturing Innovation [16]. Данная инициатива предполагала собой поддержку целой сети учреждений для развития новых промышленных технологий. Данные учреждения включают в себя: America Makes, Digital Manufacturing & Institute (DMDII), American Lightweight Materials Manufacturing Innovation Institute (ALMMII), Next Generation Power Electronics Manufacturing Innovation Institute, Clean Energy Manufacturing Innovation Institute for Composites Materials and Structures, Integrated Photonics Institute for Manufacturing Innovation (IP-IMI). America Makes является отечественным институтом по новым аддитивным технологиям в обрабатывающей промышленности. DMDII является исследовательским институтом, целью которого является внедрение самых передовых цифровых технологий в американской промышленности. ALMMII является институтом,

который занимается развитием технологии производства легких материалов и их внедрения в американской обрабатывающей промышленности. Next Generation Power Electronics Manufacturing Innovation Institute – институт, целью которого является развитие и повышение эффективности полупроводниковой отрасли США. Clean Energy Manufacturing Innovation Institute for Composites Materials and Structures – институт, созданный для поддержки развития энергоэффективных, композитных материалов. IP-IMI является институтом по поддержке развития производства фотонных интегральных схем и фотонных технологий.

В США есть также ряд других программ, созданных для поддержки четвертой промышленной революции [16]. Среди них можно выделить: Materials Genome Initiative, National Robotics Initiative, National Nanotechnology Initiative (NNI), Investing in Manufacturing Communities Partnership (IMCP), Sustainable Manufacturing. Программа Materials Genome Initiative является инициативой, направленной на поддержку учреждений, создающих передовые материалы. Программа National Robotics Initiative создана для поддержки фундаментальных исследований для поддержки создания короботов, которые бы могли функционировать отдельно или в сотрудничестве с людьми. Программа National Nanotechnology Initiative является правительственной программой по поддержке науки, инжиниринга, технологий, исследований и разработок в области нанотехнологий. Программа Investing in Manufacturing Communities Partnership была разработана для поддержки сотрудничества между государственными и частными учреждениями для стимулирования обрабатывающей промышленности. Программа Sustainable Manufacturing направлена на поддержку минимизации вреда окружающей среде обрабатывающей промышленностью, сохранения природных ресурсов.

Таким образом, развитые страны являются лидерами четвертой промышленной революции. Американские и европейские компании вкладывают огромные средства для развития новых информационных технологий, 3D печати, нанотехнологий, возобновляемых источников энергии, цифровизации производства, роботостроения, интернета вещей. При этом федеральные правительства принимают активное участие в данном процессе и оказывают инфраструктурную и финансовую поддержку инвестиций в исследования и разработки в области самых передовых технологий. Германия является первой страной, где общественному обсуждению подвергся новый технологический этап развития и стал использоваться термин «Industry 4.0». Американские компании расходуют огромные средства на разработку и внедрение новейших технологий. Кроме того, в США на федеральном уровне принято множество программ (например, Advanced Manufacturing

Partnership), нацеленных на технологическое развитие страны и освоение новых передовых технологий компаниями обрабатывающей промышленности.

2 Анализ моделей влияния технологических шоков на производственную функцию

2.1 Обзор теоретических моделей влияния технологических шоков на производственную функцию

В данном разделе рассматриваются теоретические модели для анализа факторов, влияющих на внедрение новых технологий, а также модели по влиянию технологических шоков на производство и производственные функции.

2.1.1 Обзор теоретических моделей по факторам, влияющим на внедрение и распространение новых технологий

Согласно работе Хоппе [17] можно выделить 4 типа теоретических моделей в зависимости от учета в модели структуры рынка и в зависимости от наличия неопределенности относительно будущих прибылей от внедрения новой технологии.

Таблица 5 – Теоретические модели внедрения новых технологий без стратегического взаимодействия и неопределенности

Работы	Факторы
Stoneman, Ireland (1983) [18]	Факторы спроса: цена новой технологии, другие издержки фирм, динамика других издержек во времени Факторы предложения: экономия масштаба от обучения, структура отрасли, ставка дисконтирования
Farrell, Solaner (1985) [19]	Информация фирм о предпочтениях друг друга, комплементарность товаров, производимых фирмами
Stoneman, Ireland (1986) [20]	Текущая стоимость освоения технологии, ожидания о будущих ценах, ожидания относительно устаревания технологии
Jovanovic, Lach (1989) [21]	Экстерналии в освоении новой технологии

Источник: Heidrun C. Hoppe «The Timing of New Technology Adoption: Theoretical Models and Empirical Evidence», 2002, [17].

В первой группе моделей предполагается, что между фирмами нет никаких стратегических взаимодействий, и нет никакой неопределенности относительно времени освоения новой технологии и стоимости ее внедрения.

Во второй группе моделей предполагается, что между фирмами есть стратегическое взаимодействие, но нет никакой неопределенности относительно времени освоения новой технологии и стоимости ее внедрения.

Таблица 6 – Теоретические модели внедрения новых технологий при наличии стратегического взаимодействия, но без неопределенности

Работы	Факторы
Chari, Hopenhayn (1991) [22]	Навыки, специфичные для каждой технологии
Gotz (1999) [23]	Rank факторы, Stock факторы
Reinganum (1981a, 1981b) [24] [25]	Дополнительная прибыль первопроходцев, Снижение издержек освоения технологии во времени
Fudenberg, Tirole (1985) [26]	Выгода от внедрения технологии первым
Hendricks (1992) [27]	Неопределенность относительно времени внедрения и прибыльности

Riordant, Salant (1994) [28]	Непрерывный технологический прогресс
Dutta et al. (1995) [29]	Уровень качества производства по новой технологии
Hoppe, Lehmann-Grube (2001a, 2001b) [30] [31]	Издержки на исследования и разработки Временные затраты на исследования и разработки

Источник: Heidrun C. Hoppe «The Timing of New Technology Adoption: Theoretical Models and Empirical Evidence», 2002, [17].

В третьей группе моделей предполагается, что между фирмами нет никаких стратегических взаимодействий, но есть неопределенность относительно времени освоения новой технологии и стоимости ее внедрения.

Таблица 7 - Теоретические модели внедрения новых технологий при наличии неопределенности, но отсутствии стратегического взаимодействия

Работы	Факторы
Jensen (1982, 1988a, 1988b) [32] [33] [34]	Расходы на снижение неопределенности, Возможности для получения дополнительной информации
Balcer, Lippman [35]	Ожидания относительно будущих технологических изменений
Bhattacharya et al. (1986) [36]	Различия в результатах исследовательских экспериментов
Chatterjee, Eliashberg (1990) [37]	Ожидаемый уровень прибыльности Дисперсия уровня прибыльности Степень рискофобии Чувствительность к изменению цены Чувствительность к получению информации
Weiss (1994) [38]	Ожидания будущих технологических изменений
Kapur (1995) [39]	Информационные экстерналии по новой технологии
Farzin (1998) [40]	Ожидания будущих технологических изменений
Vettas (1998) [41]	Эффекты обучения фирм и потребителей
Doraszelski(2000a, 2000b) [42] [43]	Технологические прорывы Улучшения существующей технологии
Thijssen et al. (2000) [44]	Ожидания будущих технологических изменений
Alvarez, Stenbacka (2001) [45]	Ожидания будущих технологических изменений

Источник: Heidrun C. Hoppe «The Timing of New Technology Adoption: Theoretical Models and Empirical Evidence», 2002, [17].

В четвертой группе моделей предполагается, что между фирмами есть стратегическое взаимодействие и есть неопределенность относительно времени освоения новой технологии и стоимости ее внедрения.

Таблица 8 – Теоретические модели внедрения новых технологий при наличии стратегического взаимодействия и неопределенности

Работы	Факторы
Jensen (1992a) [46]	Способ продажи лицензии
Lippman, Mamer (1993) [47]	Уровень конкуренции фирм в отрасли Количество фирм в отрасли
Stenbacka, Tombak (1994) [48]	Вероятность успешности проекта
Bergemann, Valimaki (1997) [49]; Boyer (1998) [50]	Оптимальная ценовая политика
Decamps, Mariotti (1999) [51], Gotz (2000) [52]	Экстерналии в обучении
Hoppe (2000a, 2000b) [53] [54]	Поиск информации о новой технологии Опыт других фирм
Huisman, Kort (2000) [55]	Вероятность появления новой технологии

Источник: Heidrun C. Hoppe «The Timing of New Technology Adoption: Theoretical Models and Empirical Evidence», 2002, [17].

Таким образом, согласно проведенному анализу теоретической литературы множество факторов оказывает влияние на решения фирм о внедрении новой технологии. Все факторы можно подразделить на две группы: факторы неопределенности относительно прибыльности технологии, будущих технологических изменений и структура рынка и отрасли. Если фирма не знает прибыльность новой технологии, то она вначале может расходовать свои ресурсы на приобретение информации. Кроме того, в случае низкой стоимости исследований и разработок для фирмы может быть оптимальным не приобретать новую технологию на стороне, а разработать ее внутри компании. Кроме того, фирма может ожидать снижения издержек приобретения и освоения технологий в будущем. Также во многих моделях предполагается, что фирма может обновить свою технологию только один раз. В связи с этим, при условии частых технологических изменений рациональным поведением для фирмы может быть ожидание еще более лучшей технологии, более эффективной, чем текущая наилучшая доступная технология. Структура рынка также сильно влияет на то, когда фирма внедрит новую технологию. Оптимальной стратегией для фирмы может быть ожидание того, что другие фирмы в отрасли первыми внедрят новую технологию. Это позволит фирме узнать, насколько эффективна данная технология в плане снижения издержек, то, насколько новый товар востребован на рынке, и может поспособствовать меньшим затратам при освоении технологии за счет накопленного опыта других фирм. С другой стороны, оптимальным решением для фирмы может быть внедрение новой технологии первой. Это позволит стать на рынке временным монополистом, получить большую прибыль в течение определенного периода времени, пока другие фирмы решают не внедрять новую технологию, и заработать репутацию. В моделях, где предполагается, что данные факторы не оказывают влияние на внедрение новых технологий, решающее значение имеют стоимость новой технологии, ее прибыльность.

2.2.1 Обзор эмпирической литературы по факторам, влияющим на внедрение и распространение новых технологий

Среди основных эмпирических подходов для выявления факторов, влияющих на внедрение и распространение новых технологий, можно выделить следующие [56]:

- Использование временных рядов,
- Использование кросс-секционных данных,
- Использование данных панельной структуры.

Первый подход к эмпирической оценке освоения новых технологий связан с моделированием скорости распространения новых технологий во времени. Так, авторы

моделируют эволюцию во времени доли компаний, использующих новую технологию в том или ином регионе, как функцию от прошлых значений данного показателя:

$$p_{it} = f(p_{it-1}) + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

где p_{it} – доля фирм, внедривших в новую технологию в регионе i в периоде t .

Другой подход заключается в эконометрических оценках на основе кросс-секционных данных. Например, исследователь может моделировать, от каких характеристик фирм зависит вероятность использования/адаптации/освоения новой технологии. Для этого он может оценить пробит-модель:

$$Prob\{adoption\ by\ firm\ i\} = \phi\left(\frac{\gamma x_i}{\sigma_u}\right) \quad (2)$$

где $Prob\{\}$ – вероятность внедрения новой технологии фирмой i , $\phi()$ – функция стандартного нормального распределения, x_i – факторы, влияющие на решение о внедрении новой технологии фирмой, γ – оцениваемый коэффициент, σ_u – дисперсия независимого и одинаково распределенного экс-анте шока, с которым сталкивается фирма.

Такой подход позволяет определить характеристики, присущие фирмам, внедрившим новую технологию. Однако если принятие решения фирмами о приобретении новой технологии зависит от динамических факторов, то использование кросс-секционных данных не выявит данные факторы. Например, прибыль фирмы от освоения новой технологии может варьироваться в зависимости от даты ее внедрения, в частности из-за меняющихся издержек приобретения новой технологии или степени распространенности данной технологии среди других фирм:

$$\pi_{it} = \gamma x_{it} + \psi_{it} \quad (3)$$

$$\psi_{it} = g(\psi_{it-1}, D_{t-1}, x_{it}) \quad (4)$$

где π_{it} – ожидаемая прибыль фирмы i в период времени t , x_{it} – факторы, влияющие на прибыль фирмы i в период времени t , D_{t-1} – история использования технологии до периода $t-1$ включительно.

Показатель истории использования технологии может содержать в себе такие факторы, как уровень знаний фирмы о новой технологии и издержки освоения новой технологии, меняющиеся во времени (в частности, при изменении стоимости заемных средств).

Метод с использованием кросс-секционных данных можно усовершенствовать, если у исследователя есть исторические данные по периодам времени, когда фирмы использовали старую технологию, и по периодам времени, когда фирмы стали использовать новую технологию в случае переключения. Наличие таких данных позволяет добавить в

модель дамми на временные периоды и интерактивные слагаемые, позволяющие учитывать разную степень влияния характеристик фирм на принятие решение о внедрении новой технологии в разные временные периоды:

$$Prob\{d_{it} = 1\} = \phi((\gamma x_i + \rho T + \delta[T * x_i])/\sigma_u) \quad (5)$$

где $Prob\{\}$ – вероятность внедрения новой технологии фирмой i в период времени t , $\phi()$ – функция стандартного нормального распределения, x_i – факторы, влияющие на решение о внедрении новой технологии фирмой, T – набор временных индикаторов.

Основной недостаток оценки таких моделей заключается в слишком строгой предпосылке о том, что характеристики фирм не меняются во времени. Например, велика вероятность изменения кредитоспособности и финансового состояния фирм во времени.

Данный недостаток может быть устранен при наличии данных о характеристиках фирм во времени. Наличие панельных данных позволяет усовершенствовать предыдущие уравнения:

$$\psi_{it} = \beta \prod_{i \in N(i)} d_{it-1} + \alpha_t + \lambda_i + u_{it} \quad (6)$$

где ψ_{it} – динамическая компонента для фирмы i в период времени t , α_t – фиксированные эффекты на время, λ_i – фиксированные эффекты на фирмы, u_{it} – идиосинкратический шок, с которым сталкивается фирма i в период времени t , $d_{it}=1$, если фирма i использовала новую технологию в период времени t .

Рассмотренные модели являются статическими в том смысле, что не учитывают разную суммарную дисконтированную прибыль, которую фирмы могут получить в зависимости от даты внедрения новой технологии.

Другой подход заключается в учете различного рода экстерналий: сетевых экстерналий, экстерналий, связанных с рыночной властью, и экстерналий обучения. Сетевые экстерналии заключаются в том, что фирма, которая первой внедряет новую технологию, чаще всего должна будет вместе с этим потратить часть средств на строительство определенной инфраструктуры, которой смогут в дальнейшем пользоваться другие фирмы, которые в будущем внедрят данную технологию. Экстерналии, связанные с рыночной властью, предполагают наличие преимуществ при более раннем внедрении новой технологии. В этом случае количество фирм, уже внедривших новую технологию, будет иметь значение для отдельной фирмы при принятии решения. Экстерналии обучения связаны с тем, что при наличии неопределенности относительно стоимости новой технологии, рисков и доходности, которую она может принести, фирме может быть выгодно ожидание внедрения новой технологии другими фирмами. Тогда она при принятии решения об освоении новой технологии будет располагать большим объемом информации.

При таких предпосылках оптимальный выбор фирмы будет зависеть от выбора других фирм. Максимизационная задача будет тогда иметь следующий вид:

$$\hat{V}_t^i(k_t^i; d_{-it}) = \max_{d_{it}} \{ \pi_{it}(d_{it}, k_t^i) + \delta E\{V_{t+1}^i(k_{t+1}^i) | k_t^i, d_{it}, d_{-it}\} \} \quad (7)$$

$$V_{t+1}^i(k_t) = \hat{V}_t^i(k_t^i; s_{-it}(k_t)) \quad (8)$$

где V_t^i – значение функции Беллмана для фирмы i в период времени t , π_{it} – прибыль фермера i в период времени t , $d_{it}=1$, если фирма i использовала новую технологию в период времени t , k_t^i – вектор переменных состояния для фирмы i в период времени t .

Таким образом, в экономической литературе есть несколько подклассов эмпирических моделей, которые могут быть оценены для понимания факторов, влияющих на внедрение новых технологий, и для оценки параметров, которыми характеризуется процесс диффузии новых технологий в пространстве и во времени. Использование временных рядов и данных кросс-секционной структуры имеет ряд недостатков. Использование исключительно временных рядов по доле компаний, внедривших новую технологию, позволяет оценить скорость распространения технологии в отрасли, однако не позволяет понять, какие факторы влияют на решение фирмы о смене технологии. Использование исключительно кросс-секционных данных помогает выявить характеристики фирм, которые присущи фирмам, использующим новую технологию, но мало полезно для определения причин, по которым фирмы меняют технологию производства. Кроме того, проведение исследований с данными кросс-секционной структуры не позволяет учесть динамический процесс принятия решения о внедрении новой технологии. Оценка панельных регрессий помогает понять, что явилось причиной смены технологии компаниями отрасли, однако не учитывает, что фирмы могут внедрить новую технологию в будущем. Оценка моделей с учетом будущих периодов более точно отражает процесс принятия решений, однако требует большой вычислительной работы.

2.2.2 Обзор эмпирических подходов к оценке влияния внедрения новых технологий на производительность и производственные функции

Оценка влияния технологических шоков на производительность может осуществляться различными способами:

- Сравнение различных производственных показателей во времени и в пространстве: материалоемкости, капиталоемкости, трудоемкости и др.,
- Оценка влияния новых технологий на СФП во времени и в пространстве,

- Оценка влияния новых технологий на значения коэффициентов производственных функций во времени и в пространстве,
- Оценка различных производственных функций (например, функции Кобба-Дугласа и функции CES) во времени и в пространстве.

Одной из базовых статей по оценке влияния появления новых технологий на производительность и производственную функцию в отрасли является статья Колларда-Векслера про стальную отрасль США [57]. В статье авторы оценили влияние появления мини-заводов на производительность и производственную функцию компаний стальной отрасли в США. Мотивацией для написания статьи стал быстрый рост производительности в стальной отрасли в США по сравнению с другими отраслями обрабатывающей промышленности США во второй половине 20 века. Так, в 1970-2000 гг. производительность в стальной отрасли США выросла на 28%, тогда как медианный рост производительности среди отраслей обрабатывающей промышленности США составил 3%, а в среднем в обрабатывающей промышленности – 7% (см. таблицу 9). Стоит также отметить, что наряду с ростом производительности в стальной отрасли произошли другие существенные изменения: наблюдалось значительное снижение выпуска, численности занятых. В то же время в среднем в обрабатывающей промышленности в рассматриваемый период времени произошел существенный рост выпуска и добавленной стоимости.

Таблица 9 – Динамика экономических показателей стальной отрасли и обрабатывающей промышленности США

	Стальная отрасль	Обрабатывающая промышленность	Медианная отрасль обрабатывающей промышленности
ΔСФП	28	7	3
ΔВыпуск	-35	60	61
ΔТруд	-80	-5	-1
ΔМатериалы	-41	45	39
ΔДобавленная стоимость	-43	34	38
ΔЦена	-23	-2	-3
ΔЦена материалов	-10	-11	-9

Источник: Collard-Wexler A., De Loecker J., «Reallocation and technology: evidence from the US steel industry», 2015, [57].

Одной из основных причин большого роста производительности в стальной отрасли США авторы называют появление мини-заводов – металлургических комбинатов, которые в отличие от интегрированных компаний не являются предприятиями полного цикла и используют в качестве сырья и материалов металлолом. В то же время производство стали в интегрированных компаниях включает в себя несколько этапов: добычу руды, производство кокса, производство чугуна и производство стали.

Результаты оценок параметров производственной функции с предпосылкой о том, что интегрированные компании и мини-заводы имеют одинаковые параметры функции, можно видеть в таблице 10. Как можно видеть из таблицы, согласно результатам оценки базовой спецификации, производительность мини-заводов в среднем на 7.5% выше, чем у интегрированных компаний. Согласно результатам оценок с использованием дефляторов, премия мини-заводов по производительности варьируется от 3.8 до 7.6%. В то же время стоит отметить, что при оценке параметров производственной функции методом наименьших квадратов премия существенно меньше.

Таблица 10 – Результаты оценки производительности интегрированных компаний и мини-заводов в стальной отрасли США

	Дефляторы для выпуска и для материалов		Дефлятор для материалов		Дефлятор для выпуска	
	GMM	OLS	GMM	OLS	GMM	OLS
Материалы	0.68	0.631	0.650	0.610	0.680	0.631
Труд	0.274	0.327	0.280	0.332	0.273	0.327
Капитал	0.079	0.050	0.082	0.051	0.082	0.050
Премия интегрированных компаний	-0.075	-0.018	-0.038	0.013	-0.076	-0.018

Источник: Collard-Wexler A., De Loecker J., «Reallocation and technology: evidence from the US steel industry», 2015, [57].

Также авторы оценили параметры производственной функции с предпосылкой о том, что интегрированные компании и мини-заводы имеют различную отдачу выпуска от труда, капитала и материалов. Авторы не смогли отвергнуть гипотезу о том, что производственные функции двух типов компаний отличаются друг от друга, хотя знаки коэффициентов соответствуют интуитивным предположениям о том, что технология, используемая мини-заводами, более капиталоемкая и менее материалоемкая.

Для проверки валидности результатов касательно большего уровня производительности мини-заводов по сравнению с интегрированными компаниями авторы оценили несколько дополнительных спецификаций. В первой спецификации авторы добавили в регрессию фиксированный эффект на фирму и год, тем самым проверяя, не связаны ли различия в уровне производительности двух типов компаний с различиями в эффективности управления. Однако, согласно результатам оценок, разница в производительности только увеличивается. Кроме того, авторы проверяют, не связаны ли различия в производительности с различиями в географическом положении, и добавляют в регрессию для этого фиксированный эффект на штат и год. Однако, согласно полученным оценкам, разница в производительности, как и в прошлой спецификации, только увеличивается. Также авторы проверили робастность своих выводов к включению

фиксированного эффекта на год, фирму и штат, однако разница в производительности в такой спецификации растет более чем в 2 раза.

Кроме того, авторы проверили, можно ли объяснить рост производительности в стальной отрасли ростом импортной конкуренции. Как можно видеть из таблицы 11, общий объем импорта вырос в рассматриваемый период времени на 4.1%, в то время как в целом в обрабатывающей промышленности – на 66.1%, а в медианной отрасли – на 23.7%. В 1972-1996 гг. также доля импорта в стальной отрасли выросла в меньшей степени, нежели в других отраслях обрабатывающей промышленности.

Таблица 11 – Изменение общего объема импорта и доля импорта в стальной отрасли и в целом по промышленности в США

Период	Изменение общего объема импорта		
	Стальная отрасль	Среднее значение по обрабатывающей промышленности	Медианное значение по обрабатывающей промышленности
Процентное изменение общего объема импорта	4.1	66.1	23.7
Год	Доля импорта		
	Стальная отрасль	Среднее значение по обрабатывающей промышленности	Медианное значение по обрабатывающей промышленности
1972	0.099	0.066	0.055
1996	0.180	0.220	0.157
Изменение	0.081	0.154	0.102
Процентное изменение	81	233	85

Источник: Collard-Wexler A., De Loecker J., «Reallocation and technology: evidence from the US steel industry», 2015, [57].

$$\Delta\Omega_I = \gamma_0 + \gamma_1 \Delta \text{import penetration}_I + v_I \quad (9)$$

где $\Delta \text{import penetration}_I$ – изменение доли импорта, $\Delta\Omega_I$ – изменение производительности отрасли I в период времени 1972-2002 гг.

Согласно полученным оценкам, изменение доли импорта способно объяснить 34% от общего роста производительности в отрасли. Таким образом, большая часть роста производительности не может быть объяснена изменением доли импорта и ростом импортной конкуренции.

Помимо оценки производственной функции компаний отрасли и динамики производительности авторы статьи также декомпозировали рост производительности в отрасли несколькими способами на изменение производительности отдельных фирм, на перераспределение ресурсов от менее производительных к более производительным фирмам, а также на рост производительности отрасли за счет ухода с рынка неэффективных фирм и за счет появления новых фирм.

Согласно полученным результатам, рост производительности ВИ объясняет 45.6% роста СФП отрасли, перераспределение ресурсов от ВИ компаний к мини-заводов – 23%,

рост производительности ММ – 11.9%, перераспределение ресурсов между ММ – 9.8%, перераспределение ресурсов между ВИ – 9.3%.

Авторы также оценили вклад ухода с рынка неэффективных фирм и появления на рынке новых фирм:

$$\Delta\Omega_t = \sum_{i \in \mathcal{A}} s_{it-1} \Delta\omega_{it} + \sum_{i \in \mathcal{A}} s_{it} \Delta\omega_{it-1} + \sum_{i \in \mathcal{A}} s_{it} \Delta\omega_{it} + \sum_{i \in \mathcal{B}} s_{it} \omega_{it} - \sum_{i \in \mathcal{C}} s_{it-1} \omega_{it-1} \quad (10)$$

где s_{it} – доля фирмы i в периоде t , ω_{it} – производительность фирмы i в периоде t .

Согласно полученным результатам, благодаря входу на рынок новых фирм и выходу с рынка неэффективных фирм производительность в отрасли выросла на 3.3%, что составляет 14.9% от общего роста производительности отрасли (см. таблицу 12).

Таблица 12 – Результаты декомпозиции производительности стальной отрасли США

	Все	Мини-заводы	Интегрированные компании
Общее изменение производительности	22.1%	9.6	24.3
Внутрифирменные изменения	9.5%	11.8	9.3
Перераспределение	9.3%	-0.3	11.3
Вход-выход фирм	3.3%	-2.0	3.8
Премия входа-выхода		0.0	4.4

Источник: Collard-Wexler A., De Loecker J., «Reallocation and technology: evidence from the US steel industry», 2015, [57].

В своей статье [58] авторы оценили влияние создания в США японскими компаниями сборочных заводов во второй половине 20 века, которые использовали технологию бережливого производства. Американские компании в то время использовали по большей части массовую технологию сборки автомобилей. Приход на рынок японских компаний привел к увеличению производительности труда в американской автомобильной отрасли.

Модель устроена следующим образом. Сначала при строительстве завода компания выбирает между двумя технологиями: технологией массового производства и технологией бережливого производства. Затем фирма узнает свою производительность. На следующих этапах фирма может перейти от массовой технологии к технологии бережливого производства. В случае перехода ее производительность меняется. После выбора технологии и определения уровня производительности фирма решает, какой объем продукции произвести. Это в свою очередь генерирует спрос на труд, количество смен и материалы. Результаты оценок производственных функций можно видеть в таблицах 13 и 14.

Таблица 13 – Результаты оценок производственных функций сборочных заводов в США

	Массовая технология		Разность коэффициентов		Бережливое производство
	Коэффициент	Стандартная ошибка	Разность коэффициентов	Стандартная ошибка	Коэффициент
Производственная функция					
Смены	0.9684	(0.004)	0.1334	(0.034)	1.1017
Труд	0.8222	(0.023)	0.0224	(0.023)	0.8447
Капитал	0.1364	(0.039)	-0.0325	(0.021)	0.1019
Труд^2	-0.0148	(0.037)	0.0931	(0.037)	0.0783
Капитал^2	0.0268	(0.012)	-0.0204	(0.012)	0.0065
Труд X Капитал	0.1483	(0.019)	-0.1262	(0.019)	0.0221
Капиталоинтенсивный рост производительности	0.0706	(0.019)	0.2533	(0.036)	0.3239
Рост производительности, нейтральный по Хиксу	0.0176	(0.005)	-0.0269	(0.007)	-0.0093
Стандартное отклонение	0.2353	(0.009)	0.3132	(0.097)	0.5485
Уравнение для материалов					
Константа	3.6582	(0.270)	0.0003	(0.313)	3.6586
Выпуск	0.8571	(0.022)	0.0099	(0.026)	0.8670
Улучшение качества	0.0210	(0.002)	-0.0075	(0.003)	0.0135
Стандартное отклонение	0.2231	(0.008)	0.2257	(0.008)	0.4488
Уравнение для рабочих смен					
Капитальные издержки	2.9E-6	(5.5E-6)	-2.9E-6	(3.5E-4)	1.4E-11
Фиксированные издержки на смену	67.483	(11.4)	-10.021	(11.3)	57.462
Дамми на профсоюзы	0.9745	(0.123)	X	X	0.9745
Стандартное отклонение	0.0644	(0.008)	-0.0340	(0.005)	0.0304
Выбор технологий					
<i>Начальная вероятность</i>					
Константа	-2.0345	(0.613)			
Дамми на машины	0.6853	(0.255)			
Дамми на грузовики	1.1867	(0.427)			
Дамми на японских производителей	1.0404	(0.281)			
Время	0.0911	(0.046)			
<i>Вероятность переключения на новую технологию</i>					
Константа	-1.9412	(0.755)			
Дамми на машины	-0.1328	(0.204)			
Дамми на грузовики	-0.7739	(0.723)			
Дамми на реструктуризацию	0.4080	(0.303)			
Время	-0.0383	(0.057)			
Количество наблюдений	1358	1358			
Значение функции правдоподобия	1890.8	1890.8			

Источник: Johannes Van Biesebroeck, «Productivity dynamics with technology choice: an application to automobile assembly», 2003, [58].

Таблица 14 – Оцененные параметры массовой технологии производства и технологии бережливого производства

	Массовая технология	Технология бережливого производства	Транслог-функция, вся выборка
Выпуск за смену			
Доля капитала в издержках за смену	0.144	0.104	0.349
Доля труда в издержках за смену	0.854	0.764	0.796
Отдача от масштаба (капитал и труд)	0.998	0.868	1.145
Суммарные факторные доли			
Доля труда в переменные издержках	0.882	0.695	X
Доля смен в переменных издержках	0.151	0.178	X
Отдача от количества смен	0.968	0.102	X
Рост производительности			
Нейтральный по Хиксу	0.018	-0.009	0.004
Капитало-интенсивный	0.071	0.324	0.007
Трудо-интенсивный	X	X	-0.006
Эластичность замещения	1.038	1.156	0.334
Эластичность спроса			
ϵ_{LL}	-0.154	-0.884	-0.117
ϵ_{KK}	-0.861	-0.977	-0.266
ϵ_{LK}	0.149	0.120	0.117
ϵ_{KL}	0.886	0.883	0.265

Источник: Johannes Van Biesebroeck, «Productivity dynamics with technology choice: an application to automobile assembly», 2003, [58].

В уравнении для материальных расходов коэффициент перед выпуском для двух технологий практически не отличается. Это говорит о том, что объем аутсорсинга компаний, использующих разные технологии, примерно одинаковый. Улучшение качества материалов происходит чуть быстрее в компаниях, использующих массовую технологию. В уравнении для выбора технологии со временем компании все с большей вероятностью начинают производство с технологии бережливого производства.

Согласно полученным оценкам, рост производительности компаний, использующих массовую технологию, в основном нейтральный по капиталу и труду, в то время как рост производительности компаний, использующих технологию бережливого производства, в основном капиталоемкий. Кроме того, массовая технология производства характеризуется постоянной отдачей от масштаба, в то время как технология бережливого производства – убывающей отдачей от масштаба, что может быть связано с меньшей стандартизованностью производства по сравнению с технологией массового производства. Технология бережливого производства, как показывают результаты оценок, является более капиталоемкой.

Таким образом, обзор эмпирических исследований показал, что новые технологии оказывают существенное влияние на производственные функции и производительность отраслей.

Появление мини-заводов в США в стальной отрасли привело к росту производительности и параллельному сдвигу производственной функции отрасли за счет нескольких механизмов. Во-первых, переток ресурсов от интегрированных компаний к мини-заводам привел к росту производительности отрасли, поскольку производительность мини-заводов за счет более эффективного способа производства стала выше, чем у интегрированных компаний. Во-вторых, рост конкуренции в отрасли привел к перераспределению ресурсов между интегрированными компаниями, что также оказало положительное влияние на СФП отрасли. В-третьих, появление мини-заводов привело к банкротству части неэффективных интегрированных компаний. Уход с рынка неэффективных компаний в свою очередь привел к росту производительности отрасли.

Замена мартеновских печей кислородными конверторами и электродуговыми печами привела к ускорению темпов роста СФП в Японии. Внедрение новой технологии вначале привело к снижению производительности из-за необходимости временных, трудовых и финансовых затрат на освоение новой технологии. Однако в дальнейшем, за счет эффекта обучения новой технологии производительность отрасли вернулась на первоначальный уровень и продолжила увеличиваться. Результаты оценок показали, что выпуск стали в Японии рос бы медленнее и был бы меньше, если бы переход на новую технологию не состоялся.

Приход на американский рынок японских автомобильных компаний и японских инвестиций также оказал существенное влияние на динамику производительности труда и совокупной факторной производительности автомобильной отрасли США. Как показали результаты оценок, технология бережливого производства оказалась намного более эффективной, нежели технология массового производства, которая ранее применялась в США. Создание в США японских сборочных заводов положительно повлияло на производительность отрасли посредством нескольких каналов. Во-первых, производительность выросла за счет роста доли более эффективных японских компаний. Во-вторых, рост производительности в отрасли стал возможен благодаря тому, что часть американских компаний перешли от использования технологии массового производства к использованию более эффективной технологии бережливого производства.

3 Анализ кейсовых примеров ключевых производственных технологий и их влияние на процесс умного производства

Все большую роль при определении экономической эффективности как отдельного предприятия, так и эффективности отраслей, а далее и экономики в целом играют инновации. Еще один из основоположников экономической теории в данной сфере, Йозеф Шумпетер [59], проводил разграничение, называя *экономическим ростом* простое увеличение производства товаров и благ, но характеризуя как *экономическое развитие* только ситуацию появления в экономике значимых инноваций, как в контексте новых продуктов, так и в сфере изменения в организации производства и его материально-технического обеспечения и в иных сферах.

В настоящее время в рамках процесса построения инновационной и цифровой экономики в качестве ключевой выделяется сфера «умного» производства и в целом использования так называемых «умных» технологий - как в рамках промышленного производства, так и в иных областях, от повышения полезности потребителей при пользовании товарами и услугами до сферы государственного управления.

В настоящее время сложно говорить об устоявшемся термине, если мы говорим про «умные» технологии и «умное» производство. Одно из классических определений (Luske et al., [60]) звучит следующим образом. *Умное производство – это производство, которое способно учитывать контекст и помогать людям и машинам в выполнении их задач*².

По оценке М.Портера [61] умные технологии должны эффективно выполнять на производстве четыре ключевые функции - мониторинг, контроль, оптимизацию, автономность процессов. Умное производство неверно сводить исключительно к степени роботизации, в первую очередь речь идет именно об автономности системы производства, в некотором смысле ее способности к самостоятельной эволюции [62].

По определению NIST умное производство – это «полностью интегрированная производственная система (с возможностями контроля со стороны многих пользователей, в том числе удаленного), которая способна в режиме реального времени реагировать на меняющиеся условия производства, поставок, а также меняющиеся потребности потребителей» [63].

Можно сформулировать, что под внедрением «умных» технологий понимаются следующие процессы:

² «Smart Factory is defined as a Factory that context-aware assists people and machines in execution of their tasks”.

- 1) Переход к наиболее интенсивному использованию информационных технологий,
- 2) Интеграция информационных технологий и физических процессов, использование датчиков, сенсоров, которые могут быть использованы также для прогнозирования, самонастройки процессов,
- 3) Роботизация и автоматизация процессов производства, которая в перспективе приводит к возможности функционирования процессов производства или оказания услуг без вмешательства человека или с возможностью удаленного контроля,
- 4) За счет данных процессов достигается существенные сокращения издержек, изменения производственной функции (в производстве), повышается качество и скорость оказания услуг, полезность потребителей,
- 5) Умные технологии предполагают масштабные объемы хранения, обработки и передачи данных, в частности с использованием облачных технологий, интернета вещей, Big Data. Что касается процесса колоссального увеличения объемов хранения и обработки данных, то эксперты [64] прогнозируют рост к 2025 году общемирового объема данных до более чем 163 зеттабайт, при этом до 95% объема данных будут обрабатываться в рамках интернета вещей.

Согласно работе [65], среди основных характеристик умного производства можно выделить:

- Все участники производственного процесса интегрированы друг с другом посредством информационных технологий;
- Оборудование, используемое в умном производстве, может реагировать на внезапные изменения ситуации,
- Оборудование имеет доступ ко всей имеющейся информации,
- В ходе производственного процесса осуществляется сбор информации,
- Умное производство минимизирует вред, наносимый окружающей среде.

Умное производство стало ответом на многочисленные вызовы, с которыми сталкиваются компании в настоящее время. Первым вызовом является неопределенность изменения спроса и предложения, и, как следствие, необходимость максимально оперативно реагировать на изменения в рыночной среде. Умное производство является максимально гибким и позволяет с минимальными временными и трудовыми затратами адаптироваться к изменившимся рыночным условиям, приспособить объем выпуска к требуемому с минимальными издержками. Другим вызовом является повышение требований клиентов к производимой продукции, необходимость индивидуализации

выполняемых заказов, что также обуславливает необходимость повышения эффективности взаимодействия с поставщиками. Автоматизированные системы на предприятии позволяют повысить эффективность взаимодействия как с поставщиками, так и с клиентами, что способствует более оперативному и точному выполнению заказов клиентов.

В результате складывается тенденция признания «умных» технологий важнейшей частью Четвертой промышленной революции (Индустрия 4.0), которая разворачивается на наших глазах и возможно способна изменить характер производства, экономических процессов и функционирования в целом экономических систем так же сильно, как предыдущие революции. Следует отметить, что в настоящее время, особенно в развивающихся странах, еще не полностью завершилась и начавшаяся в 1970-е гг. Третья промышленная революция, которая также основывалась на автоматизации и роботизации. Ключевое отличие Четвертой промышленной революции – именно в активном использовании и развитии кибер-физических систем (cyber-physical system), которые предлагают одновременно и автоматизацию и цифровизацию производства за счет развития «умных технологий». Они соединяют физические процессы производства, требующие непрерывного управления в режиме реального времени, с программно – электронными системами [66]. Кибер – физические системы находятся на первых этапах внедрения, их потенциал может значительно возрасти по мере развития применения интернета вещей и big data [67].

В настоящее время можно выделить два основных тренда развития умных производств в мире: автоматизация производства и повышение гибкости производства [68]. Автоматизация производства проявляется в использовании различных информационных систем, позволяющих оптимизировать как производство на отдельных участках цехов, так и весь производственный процесс в целом. Среди таких систем можно выделить систему управления производственным процессом (MES – manufacturing execution system), систему усовершенствованного управления технологическим процессом APC (advanced process control) и системы контроля состояния оборудования (Asset Monitoring).

Также автоматизация производства происходит благодаря роботизации, использованию промышленных и коллаборативных роботов (короботов). Коллаборативные роботы (короботы) могут работать на предприятии совместно с людьми и участвовать в решении различного рода задач. Короботы в основном применяются в таких отраслях, как производство автомобилей и производство электроники. Промышленные роботы могут работать независимо от людей.

Повышение гибкости производства проявляется в возможности быстрой передачи заданий на аутсорсинг и возможности работы по системе открытых инноваций. Работа по

системе открытых инноваций предполагает собой работу с программным обеспечением с открытым программным кодом.

Помимо новых информационных систем в эпоху четвертой промышленной революции в рамках развития умного производства в производственный процесс также активно внедряются другие прорывные технологии. Так, в России государство прикладывает значительные усилия для развития в стране цифровых технологий. Согласно программе развития «Цифровая экономика», принятой в России распоряжением правительства Российской Федерации №1632-р от 28 июля 2017 г., основными сквозными цифровыми технологиями являются:

- Большие данные,
- Нейротехнологии и искусственный интеллект,
- Системы распределенного реестра,
- Квантовые технологии,
- Новые производственные технологии,
- Промышленный интернет,
- Компоненты робототехники и сенсорики,
- Технологии беспроводной связи,
- Технологии виртуальной и дополненной реальностей.

Использование больших данных в промышленном производстве позволяет увеличить эффективность поставок и улучшить качество производимой продукции, а также точнее прогнозировать дальнейшие события и изменения.

Распределенный реестр является базой данных, которая может обновляться всеми участниками независимо друг от друга. Система распределенного реестра позволяет обеспечить прозрачность и верифицируемость создаваемой базы данных.

Технология дополненной реальности используется в основном в медицине и в мобильных приложениях. В промышленном производстве технология дополненной реальности применяется при сборке, ремонте и обслуживании, контроле качества производимой продукции.

Квантовые компьютеры, разработка которых ведется в настоящее время, будут использовать в качестве единицы информации кванты, а не биты, что существенно ускорит вычислительную мощность компьютеров и позволит выполнять множество различных задач намного быстрее по сравнению с самыми мощными компьютерами, которые доступны в настоящее время.

Технология искусственного интеллекта активно применяется в медицине, например, в компьютерной томографии; анализе сердечного ритма, для создания планов лечения, при разработке лекарств.

Среди новых производственных технологий можно выделить аддитивное производство (или 3D печать). С помощью 3D печати осуществляется послойное создание продукта на основе его трехмерного изображения. Для производства продукта на основе данной технологии используются станки с числовым программным управлением (ЧПУ). Данная технология была запатентована в 1984 г. В 1995 г. была основана компания Z Corporation, благодаря которой 3D принтеры стали общедоступными. В 2011 г. появился самолет, часть деталей которого была напечатана на 3D принтере, а в 2015 г. появился принтер для печати кровеносных сосудов. В 2020-2030 гг. ожидается появление принтера для производства комплектующих для морской техники, принтера для печати органов и тканей.

Интернет вещей позволяет соединять в единую сеть помимо электронных устройств (телефонов, компьютеров, планшетов) любые физические предметы, обладающие сенсорными передатчиками. Данная технология позволяет собирать данные со всех устройств, обрабатывать их, оценивать производительность устройств, отслеживать их состояние. Интернет вещей используется как непосредственно в производственном процессе при сборе данных с различных видов оборудования, так и при использовании потребителями конечной продукции.

Тесно связанным с промышленным интернетом является технология использования цифрового двойника. Цифровой двойник – это компьютерный прообраз физического предмета. В ходе использования физического предмета, его изменения и изнашивания изменяется и его цифровой двойник, что позволяет отслеживать состояние предмета на удаленном расстоянии.

В странах ЕС государство также активно участвует во внедрении технологий четвертой промышленной революции. В частности, государство вносит свой вклад в технологическое развитие, участвуя в проектах государственно-частного партнерства по развитию умного производства (см. таблицу 15).

Таблица 15 – Проекты в рамках ГЧП «Factories of the future», связанные с умными производствами

Название проекта	Цель
ActionPlanT	Разработка прогноза развития информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в Европе в кратко-, средне- и долгосрочной перспективе
CustomPacker	Автоматизация упаковочного процесса, объединение несколько производственных линий в одну упаковочную линию
FoFdation	Разработка стандартов обмена данными между производителями

KAP	Разработка производственных процессов
PLANTCockPit	Разработка интерфейсов и типовой модели для объединения производственных процессов
Robofoot	Внедрение роботов в производство обуви
TAPAS	Оптимизация производства в Европе и предотвращение перетока производства в страны с низкой стоимостью труда за счет роботизации и оптимизации логистики
QCOALA	Разработка системы двухволновой лазерной обработки для сварки тонколистового алюминия и меди со встроенной системой мониторинга и проверки качества продукции

Источник: Княгинин, В.Н. «Умные» среды, «умные» системы, «умные» производства: Промышленный и технологический форсайт Российской Федерации на долгосрочную перспективу, 2013, [68]. На государственном уровне также реализуются проекты по развитию умных городов и умного транспорта. Определений «умного города» в литературе можно встретить много. Например, умный город - *обеспечивает использование сетевой инфраструктуры для повышения экономической и политической эффективности, социального, культурного и градостроительного развития* [69].

Ярким примером является внедрение умного освещения на городских улицах, когда новые системы позволяют дистанционно контролировать интенсивность освещения в зависимости от погодных условий и времени суток. Например, подобная программа «умного» освещения была реализована в Нижнем Тагиле [70], по оценкам разработчиков программы до 30% сократилось удельное количество потребляемой энергии и эксплуатационных расходов на уличное освещение, а после реализации контракта ожидается повышение эффективности работы сети наружного освещения в пределах до 60%.

Отдельную роль умные технологии играют в сфере транспорта, благодаря ним водители оказываются в некоторой новой реальности оперативного получения информации о всех параметрах дорожного движения и транспортной инфраструктуры. При этом применяются три возможных схемы передачи информации.

- а) Передача информации водителям,
- б) Технология vehicle to infrastructure, V2I – передача информации от транспортного средства объектам инфраструктуры,
- в) Технология vehicle to vehicle, V2V – передача информации осуществляется непосредственно между транспортными средствами.

Одной из первых стран, в которых начали активно внедряться умные технологии в сфере транспорта стала Япония, что объяснимо с точки зрения остроты проблемы транспортной доступности – небольшая территория и достаточно большое население (более 125 млн человек) ограничивают возможности экстенсивного развития транспортной системы и строительства новых дорог, в этой связи необходимы были интенсивные

способы повышения эффективности использования инфраструктуры. В результате в Японии уже в 90–ые годы [71] начались активные продажи автомобилей, которые поддерживают технологию VICS (Vehicle Information and Communication System). Данное программное обеспечение в режиме реального времени помогает водителям выбрать оптимальный маршрут, с учетом обработки информации о пробках, парковках, дорожных работах и т.д.

В дальнейшем в Японии использовались и иные технологические платформы, в частности в 2008 году была запущена новая система Smartway [72], которая еще больше повысила степень цифровизации транспортной инфраструктуры, водителям была предложена система безналичных платежей за транспортные услуги, V2V технологии, помогающие избежать столкновения между автомобилями и другие технологические решения.

В Европе развивались аналогичные проекты, в 2001 году началось внедрение «умной» концепции TEMPO [73], далее – программы EAsyWay, в программу, к которой присоединилась 21 страна, изначально было инвестировано 500 млн евро. В результате за год после внедрения удалось добиться следующих показателей – снижение аварийности на 5%, пробок на 6%, выбросов CO₂ на 1.5%.

Умные транспортные системы развиваются и в России, так, например, в Москве был запущен проект размещения сети умных светофоров [74], которые способны оценивать интенсивность транспортного потока, загруженность трасс, а с учетом этого корректировать временные промежутки в своей работе и тем самым разгружать трассы, отчасти смягчать проблему пробок на дорогах.

Программы, ориентированные на водителей, демонстрируют существенное разнообразие – применяются и системы предотвращения столкновений, например, АСС Adaptive Cruise Control. Такого рода программы помогают автомобилю поддерживать необходимую скорость движения, например, автоматически прибавляя газ при потере скорости или наоборот, замедляя чрезмерно разогнавшееся транспортное средство, поддерживается и приемлемое расстояние с впереди идущим транспортным средством. Применяются и программы, указывающие водителю на пересечение дорожных полос или опасные маневры, программы, направленные уже и на мониторинг состояния водителя, в частности, не дающие ему заснуть и потерять управление и многие другие.

При этом умными становятся и непосредственно сами транспортные средства. Один из ярких примеров умного продукта – автомобили Tesla, которые интегрированы в единую информационную сеть с производителем, в результате водители получают удаленный сервис и обновления [61], данный продукт может в целом изменить отрасль [75]. При этом

в автомобилях Tesla помимо удаленного контроля со стороны производителя заложены и значительные возможности по кастомизации и ориентации на интересы покупателя, автомобиль адаптируется к проложенным маршрутам, прогревает салон перед расчетным временем выхода из дома и т.д. Новые технологии активно применяются также в развитии беспилотных устройств (дронов), которые активно применяются во всем большем количестве направлений, в сферах контроля над инфраструктурой, в строительстве, в лесном хозяйстве. Холдинг «Вертолеты России» недавно представил первый отечественный гражданский беспилотный вертолет VRT300 Arctic [76], который планируется использовать в инфраструктурных проектах и грузоперевозках. Активно применяются «умные технологии» и в аэропортах, появился термин Аэропорт 4.0, в рамках которого за счет новых технологий (в первую очередь облачных технологий, Big Data и интернета вещей) становится возможно существенно снизить операционные издержки и повысить комфортность обслуживания [77].

В целом процесс формирования «умных» городов превратился в активно развивающуюся отрасль экономики. По оценкам экспертов конференции «Цифровая индустрия промышленной России 2018» [78] рынок умных городов на 2015 год оценивается более чем в 300 млрд долларов, к 2020 году можно ожидать роста рынка до более чем 750 млрд долларов, при этом средний темп роста рынка может составлять более 19%, самым быстрорастущим считается Азиатско-Тихоокеанский регион (темп роста около 37%), Россия пока занимает не такую существенную долю мирового рынка, однако также демонстрирует хорошие темпы роста отрасли – 26%.

Одним из примеров является завод компании Bosch [79], где были внедрены новейшие технологии Industry 4.0: система радиочастотной идентификации (RFID), система мультимедийной электросвязи (IMS), умная гидравлическая система Cytropac, система умного контроля «IndraControl XM», шлюз для интернета вещей. Теги RFID используются для отслеживания местоположения товаров, в медицинской отрасли для мониторинга состояния пациентов, дистанционного управления, системы управления багажом. Использование данной системы значительно увеличивает эффективность логистических процессов. В компании Bosch благодаря использованию системы RFID эффективность бизнес-процессов выросла на 10%, а объемы незавершенного производства снизились на 10%. В результате использования технологий Industry 4.0 на заводе в Хомбурге объемы запасов снизились на 30%, экономия на каждой производственной линии составила 0.5 млн евро, а выпуск вырос на 10%. Используемая умная гидравлическая система Cytropac использует на 80% меньше энергии, весит в 2 раза меньше и требует на 50% меньше пространства. Помимо внедрения новых технологий в производственный

процесс, компания Bosch также производит умную бытовую технику, в частности умный холодильник. Пользователь может не просто онлайн наблюдать содержание холодильника для планирования покупок с помощью специального приложения, но система предназначена и для распознавания продуктов, корректировки режима и температуры хранения с учетом содержимого холодильника, а также и для предоставления советов пользователю по перемещению продуктов для более эффективного хранения. В целом понятие «умной» бытовой техники может включать в себя самые различные полезные бонусы для потребителя, в частности:

1) Умная бытовая техника предполагает максимально дистанционный контроль для пользователя, как с точки зрения получения информации о завершении операций (например, стирки, приготовления еды), так и с точки зрения команд для следующих операций,

2) Умная бытовая техника ориентирована на самостоятельную диагностику поломок и неполадок, причем данные о поломках могут автоматически передаваться в сервисные центры для ремонта,

3) Умная бытовая техника фактически ориентирована на «самосовершенствование», программы способны самостоятельно загружать обновления, обучаться новым технологиям и задачам или более эффективному выполнению прежних задач.

Другим примером является компания Fujitsu, которая внедрила современные склады с дисплеями, отображающими, какие компоненты соотносятся друг с другом при индивидуальных заказах, и с самоуправляемой электрической машиной, которая перевозит компоненты в порядке очереди [80].

Еще одной компанией, внедряющих новейшие технологические разработки в свое производство, является компания Continental Automotive [80]. В своем производственном процессе она использует усовершенствованную технологию поверхностного монтажа. Используемая технологическая линия автоматически посылает заказ о необходимом количестве материалов для текущего и следующего производственных циклов в склады компании. Автоматизированные машины осуществляют доставку необходимых компонентов. Кроме того, при отклонении объемов выпуска от нормы система автоматически оповещает об этом менеджера.

Другим ярким примером «умного» производства является завод Siemens в г. Амберг [81]. За счет роботизации и цифровизации процессов удалось создать автоматизированное производство, на котором за счет новых технологий удалось резко сократить количество персонала [82]. Работников заменила система SAP Manufacturing&Intelligence,

консолидировавшая операции департаментов финансов, маркетинга, продаж, закупок, контроля качества. Датчики (которые регистрируют свыше 50 миллионов записей в день, с использованием RFID-меток) позволяют почти полностью устранить необходимость вмешательства человека, работник присутствует только на 1 этапе производства (установка печатной платы на линию), остальные 10 этапов совершают конвейер и роботы – манипуляторы, от транспортировки и двойной проверки качества продукции до отправления на склад готового изделия. В результате 75% всех работ в целом на фабрике выполняют роботы при высочайшем уровне качества итоговой продукции (99.99885%). Данный завод является классическим примером эффективности применения «умных» технологий и ERP систем в производстве.

Ярким примером внедрения и использования в производственном процессе Интернета вещей является компания Harley Davidson [83]. Внедрение интернета вещей на одном из заводов позволило компании добиться впечатляющих результатов:

- Скорость принятия решения выросла практически в 2 раза (на 80%),
- Производительность выросла на 6.8%,
- Доходность выросла на 3-4 п.п.,
- Продолжительность цикла ВТО (сборки на заказ) сократилась с 18 месяцев до 2 недель.

Среди других компаний, активно использующих данную технологию в производственном процессе, можно выделить: Whirlpool, Siemens, Hirotec, Hewlett Packard, Ocado [84].

Компания Whirlpool использует аналитическую платформу для отслеживания объемов выбросов с целью их минимизации. Также данная система позволяет определять объем используемой электроэнергии, воды. Платформа позволяет отслеживать необходимую информацию во всех заводах компании во всем мире.

Siemens разработал открытую облачную платформу Mindsphere. Данная программа служит для обработки данных, поступающих через шлюзы, посредством которых собираются данные с продуктов, машин с помощью датчиков и термостатов. Полученные данные затем обрабатываются и визуализируются с помощью стандартных методов. Кроме того, для данной платформы программистами постоянно разрабатываются приложения, позволяющие усовершенствовать методику обработки и анализа получаемых данных.

Компания Hirotec, производитель автомобильных комплектующих, использует облачные технологии в целях минимизации времени простоя на производстве [85]. Для достижения данной цели компания интегрировала платформу Интернета вещей, которая была подключена ко всей производственной системе, с программным обеспечением,

позволяющим обрабатывать полученные данные и прогнозировать дальнейшие изменения. Это привело к снижению необходимости ручной проверки работоспособности производственной системы.

Компания HP занимается исследованиями и разработкой приложений для умного производства [86]. С данной целью был создан исследовательский центр SMARC. Согласно ожиданиям компании, внедрение умных процессов в производство должно привести к росту производительности на 20%. Компания использует в своем производственном процессе 3D принтер Jet Fusion. Согласно исследованиям HP, физические детали могут быть произведены в 10 раз быстрее и с издержками в 2 раза меньше. Такой же 3D принтер используется в таких компаниях, как Nike, BMW, Jabil и Johnson и Johnson. Площадь завода составляет 550 кв. м.

Компания Ocado, являющаяся крупной онлайн-компаний, занимающей доставкой продуктов из супермаркетов, располагает автоматизированными складами, в которых роботы осуществляют упаковку и погрузку товаров. Кроме того, компания активно инвестирует в разработку беспилотных самоуправляемых автомобилей, осуществляющих доставку товаров из супермаркетов. Автомобили разрабатываются совместно с компанией Oxbotica, которая специализируется на производстве беспилотных автомобилей. Данные автомобили вмещают в себя 8 ящиков, тогда как обычные автомобили, используемые компанией Ocado, 80 ящиков. Несмотря на то, что данные автомобили беспилотные и самоуправляемые, для контроля над работой автоматизированной системы и для осуществления разгрузки товаров требуется два специалиста, которые сидят на передних сиденьях. Доставка осуществляется в течение 10 часов [84].

В России, как и в других странах мира, компании также активно внедряют новые технологии. Основные примеры внедрения новых технологий в России представлены в таблице.

Таблица 16 – Кейсовые примеры внедрения новых технологий в России

Сектор	Инновации
Сельское хозяйство и добыча полезных ископаемых	Сельское хозяйство: технологии «точного» земледелия (дифференцированное внесение удобрений, электронные карты полей и т.д.), беспилотные комбайны, генная инженерия Добыча в нефтегазовой отрасли: ГИС, применение технологии многостадийного гидравлического разрыва пласта на горизонтальных скважинах, использование дронов (БПЛА), «умная» добыча Горнодобывающая промышленность: система управления производством SAP
Переработка, производство, строительство и логистика	Металлургия: замена мартеновских печей на электросталеплавильные печи и кислородные конвертеры, внедрение машин непрерывного литья заготовки Легкая промышленность: аксиальное техническое полотно Строительная промышленность: сухой способ производства цемента Нефтепереработка: биоцелитные катализаторы каталитического крекинга, система APC, система АС ОУП

	Логистика: совершенствование технологий перевалки в портах
Электроэнергетика	Smart Grids
Услуги (торговля, развлечения, финансовый сектор и т.д.)	Финансовый сектор: интернет-банкинг (Тинькофф), электронные кошельки, использование искусственного интеллекта при оценке клиентских рисков Ритейл: роботизация складов, штрихкодирование товаров, онлайн-каналы продаж, использование Big Data для оптимизации стратегии продаж Такси: мобильные приложения Gett, Uber, Яндекс.Такси Медицинские услуги: компьютерная томография, ЭКО, телемедицина Найм персонала: роботы-рекрутеры

Источники: ИТС 6-2015 Производство цемента [87], Маляренко Е. В России остановили последнюю мартеновскую печь [88], ОАО «ИНЦП ТЛП» «Инновации в области технического текстиля» [89], журнал Neftegas.ru [90], Княгинин В.Н. и др. «Новая технологическая революция: вызовы и возможности для России» [65], Конференция «Точное земледелие» [91], Михайлова О. «Революция в действии: переход к «индустрии 4.0» [92].

В сельском хозяйстве применение «умных» технологий началось в рамках создания точного земледелия, которое использует цифровые технологии для дифференцированного подхода к земельным участкам с разными характеристиками, оценки этих характеристик, для повышения эффективности обработки и урожайности таких участков.

В рамках точного земледелия используются датчики, снимки со спутника и иная информация для получения полной информации об отдельных участках поля, характеристиках почвы, экологической ситуации, погодных условиях, далее программное обеспечение позволяет спланировать все необходимые действия с точки зрения наибольшего экономического эффекта – спланировать посадки растений, оптимальный режим полива, защиты от вредителей и т.д.

В России пока точное земледелие остается не в полной мере использованным, если в переработке цифровые технологии внедряются в большей степени, то только 10% пашни было затронуто точным земледелием [91]. Здесь, конечно, необходимо отметить проблему существенных фиксированных издержек при внедрении технологий точного земледелия и в этой связи технологии могут быть недоступны для небольших компаний в отрасли.

По данным центра прогнозирования и мониторинга научно – технологического развития АПК было выделено 7 основных направлений в точном земледелии, в рамках которых в основном оформлялись патенты на инновации (более 500 патентов за 2005-2016 года [93]):

- Системы наведения и контроля движения сельскохозяйственных машин,
- Уборка урожая,
- Посевное оборудование и разбрасыватели удобрений,
- Пробоотборники для почвы,
- Автоматизация и роботизация сельскохозяйственных машин,

- Точное животноводство,
- Автоматизация и роботизация в животноводстве.

По результатам опроса 65 экспертов центр получил следующие результаты – к наиболее перспективным технологиям в точном сельском хозяйстве можно отнести:

а) Системы параллельного вождения. Данное вождение на основе использования GPS/ГЛОНАСС позволяет автоматизировать передвижение сельскохозяйственной техники и повысить эффективность ее использования. Дисплей точно отображает местонахождение техники на карте поля и производит расчет оптимального курса обработки поля, специальные подруливающие устройства помогают комбайну не отклоняться от курса из-за неровностей грунта, в результате обеспечивается обработка всей поверхности поля. Важной проблемой, которая решается в рамках параллельного вождения, является перекрытие строк, управляя комбайном в ручном режиме приходится проезжать по участкам поля слишком близко, чтобы не оставить необработанных полос, однако в результате фактически крайние участки полосок обрабатываются дважды, что приводит к дополнительным затратам топлива, удобрений и т.д. Решая эту и иные проблемы параллельное вождение способно значительно повысить эффективность земледелия. Так по данным ГЛОНАСС мониторинга транспорта «Автограф» параллельное вождение может сократить расход топлива до 18%, расход посевных материалов до 5%, расход химических веществ до 8% [94];

б) дифференцированное внесение удобрений и опрыскивание. За счет автоматизации специальное устройство точно рассчитывает траекторию движения, угол орошения и необходимое количество химических веществ для опрыскивания, тем самым снижаются и риски недостаточного или чрезмерного внесения удобрений. Так одна из систем (НК «Агронавигатор Плюс») отмечает, что предложенное равномерное распределение минеральных удобрений по участкам в границах поля может предложить возможную экономию препарата до 56% [95]. При этом дифференцированное внесение удобрений позволяет автоматически корректировать необходимые мероприятия с учетом фазы роста растений на конкретном участке. Важное значение приобретает и развитие дифференцированного полива. Следует отметить, что в России более 70% всех угодий расположены в зонах недостаточного или неустойчивого естественного увлажнения [96], в этой связи встает проблема организации эффективного полива – при ручной работе возникают существенные потери воды, а с другой стороны риски переувлажнения, которое также ухудшает урожайность и структуру. В этой связи в точном земледелии применяются датчики контроля влажности и температуры, которые способны автоматически корректировать интенсивность полива;

в) создание электронных карт полей. Электронные карты позволяют в режиме реального времени получить цифровую картину поля, провести более полный анализ условий, влияющих на рост растений на данном конкретном поле или даже на небольшом его участке [97]. Электронные карты могут быть получены двумя основными путями - методом наземного объезда, обмер полей с помощью GPS-ГЛОНАСС приемника, когда необходимо физически объехать поле и сохранить полученный контур, или с помощью космических снимков высокого разрешения [98];

г) системы информатизации и мониторинга. Появляются возможности получать карты проблем, на которых видны болезни растений, места с недостатками питательных веществ и т.д., при этом такого рода карты могут автоматически передавать умной сельскохозяйственной технике необходимые инструкции по исправлению недостатков.

В финансовом секторе активное развитие получил интернет-банкинг. Одним из примеров является компания Тинькофф, которая имеет всего лишь одно отделение, а обслуживание клиентов осуществляется исключительно через Интернет.

В секторе предоставления услуг такси также произошли существенные технологические изменения. На смену телефонного оператора пришли мобильные приложения, которые позволяют вызвать такси в любое удобное время. Также заказчик с помощью мобильного приложения может отслеживать перемещение заказанной машины.

В электроэнергетике новые технологии также играют важную роль. В электроэнергетике появляются существенные возможности по повышению надежности удобства использования сетей для потребителей, с другой стороны, увеличиваются и возможности снижения издержек по эксплуатации сети.

Появился термин Smart Grid - умные сети электроснабжения, которые управляются на основе автоматизации с использованием цифровых технологий. Новые сети могут быть эффективно использованы за счет своей гибкости, способности подстраиваться под нужды потребителей, за счет систем контроля и предотвращения аварий. Потребность в новых сетях возникла еще в 70 –ые - 90 –ые годы, когда по мере увеличения потребления энергии и разнообразия приборов и механизмов, ее использующих, все острее возникала проблема надежности сети для бесперебойной работы, когда отключения или колебания напряжения приводили иногда к угрозам для жизни пользователей или функционированию предприятий. В этой связи возникла необходимость использовать технологии для автоматической диагностики сети и выявления неполадок, а также для предотвращения отключения энергии или максимально быстрого ремонта. Применяются специальные умные устройства – реклоузеры, которые позволяют без личного участия персонала автоматически находить и выделять поврежденный участок сети, сохраняя снабжение

энергией основной части потребителей. Их использование способно значительно повысить эффективность управления сетью – так после внедрения на отдельных участках в России среднее время восстановления энергоснабжения после аварии на пилотных участках сократилось в пять раз, число отключенных подстанций – в 2–3 раза [99]. Применяются также автоматы повторного включения (например, трансформаторов), которые способны обеспечить автономное восстановление сети после краткосрочной потери напряжения.

Развитие Smart Grid в электроэнергетике активно происходит во многих странах, например, в США, в Китае. По некоторым оценкам в США применение smart grid могло сократить потребление электроэнергии в пределах до 6%, в пиковые часы до 27%, сокращение потребления только в пиковые часы могло сэкономить в пределах от 175 до 332 млрд долларов за 20 лет [100].

В России активное внедрение умных технологий изначально реализовывалось «Россетями» в 3 регионах – в Калининградской, Тульской и Ярославской областях. Особый эффект был достигнут в Калининграде, компания «Янтарьэнерго» установила 20 тыс. интеллектуальных приборов, в результате менее чем за год потери энергии сократились на 37% [101]. В Тульской области потери сократились на 10%, в целом после массового внедрения счетчиков (в настоящее время они составляют лишь только около 10%) ожидалось, что удастся снизить потери энергии на 15–18%.

Применение умных технологий в электроэнергетике России стимулируется и законодательно, так в ноябре 2017 года был принят в 1 чтении законопроект «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с развитием систем учета электрической энергии (мощности) в Российской Федерации» [102], который предполагает развитие умных систем, при этом территориальные сетевые организации смогут устанавливать только умные счетчики.

С другой стороны, повышение безопасности сети могло идти и со стороны регулирования спроса, для некоторых видов техники могли быть предусмотрены специальные регулирующие технологии, чтобы избежать запуска техники во время пиковой нагрузки сети и тем самым повысить устойчивость.

Важную роль «умные» технологии получили и в альтернативных способах производства электроэнергии. Так возможно значительно повысить эффективность ветряной энергетики, новое программное обеспечение позволяет автоматизировать работу турбин с учетом скорости и направления ветра, снизить аварийности и поломки. В результате производство электроэнергии может возрасти на 10%, с перспективами роста до 14-16%, при этом и издержки на поддержание работоспособности системы могут быть снижены на 10% [103].

Далее в рамках производственной цепочки встает необходимость внедрения цифровых технологий и в рамках нефтепереработки, на НПЗ. Сейчас еще сложно себе представить полностью автоматизированный НПЗ, однако в этом направлении делаются значительные шаги.

На НПЗ используются распределительные системы управления, в настоящее время они требуют значительного участия оператора, получая информацию об отклонении каких-нибудь параметров производства от планируемых, он должен принять необходимые решения об их изменении. В этой связи начинается процесс установки системы расширенного управления процессами (АРС — Advance Process Control), такие системы способны уже на самостоятельные действия и в случае оперативного обнаружения отклонений от плановых показателей они способны на корректировку процесса с учетом заданной целевой функции (увеличение выпуска определенного продукта, снижение энергопотребления). В «Газпром нефти» началось внедрение такого рода установок – 7 на Омском НПЗ, еще 2 проекта реализуется на Московском НПЗ.

Композиционные материалы используются в автомобилестроении (например, производство деталей кузова, бамперов), транспортном машиностроении (в производство самолетов, вертолетов, вагонов, локомотивов), в строительстве (например, дорожной инфраструктуры), при производстве спортивных товаров, в химической промышленности и в медицине. В горнодобывающей промышленности в качестве примера компании, которая активно применяет технологии умной фабрики, можно привести Металлоинвест, которая только в 2018 году инвестировала более 3 млрд рублей в создание «умной» системы управления производством SAP на Лебединском и Михайловском ГОКах [104]. Платформа заменила более 100 производственных и управленческих систем и объединила в одном информационном пространстве 4000 пользователей. Компания декларирует следующие основные цели нововведений - *улучшить эффективность бизнес-процессов, повысить точность планирования и сократить издержки*, в том числе *снизить трудозатраты на выполнение операций, увеличить достоверность и скорость обработки данных для принятия решений, а также контролировать маржинальность сделок и цены закупок*. На уровне производства *планируется сокращение простоя оборудования, повышение оборачиваемости запасов и комплексный мониторинг складских остатков*.

Ярким примером применения новых технологий является применение геоинформационных систем (ГИС) в нефтегазовой отрасли [105]. Геоинформационные системы (ГИС) – компьютерная технология, предназначенная для сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных (географических) данных. Позволяя хранить и анализировать большие объемы пространственных данных, ГИС-технологии

совершенствуют бизнес-процессы в широком спектре отраслей. Первая ГИС была разработана в Канаде в 1960-е гг. ГИС предназначалась для хранения и анализа данных о почве, фауне и флоре, использовании земель, собранных для Канадского земельного кадастра. В 1970-1980-е гг. государство активно стимулировало экспериментальные работы в области разработки ГИС. В 1986 г. была выпущена первая ГИС пользовательского уровня, предназначенная для дисковой операционной системы (ДОС). 1990 г. ознаменовался адаптацией ГИС для платформы Microsoft Windows и появлением первых российских коммерческих ГИС. С 1990 г. по настоящее время происходит ГИС-бум: активное внедрение ГИС в производственные процессы компаний и быт людей, существенное расширение спектра задач, доступных для выполнения в ГИС.

По оценкам «Ростелекома», к 2020 г. рынок геоданных и сопутствующих сервисов в России вырастет до 8.2 млрд руб. Сегодня ГИС находят применение в широком спектре индустрий, в частности в компаниях нефтегазовой отрасли. Согласно исследованиям, использование ГИС-технологий для построения маршрутов, минимизирующих издержки при заданных ограничениях, приводят к снижению затрат до 15%. В России ГИС-технологии используются такими компаниями, как «Газпром», «Лукойл», «Юганскнефтегаз», «Бургаз», «Приобьнефть», «Уралтрансгаз» и др.

Важную роль в распространении ГИС-технологий играет государство, в частности Правительство РФ включило идею создания Российской инфраструктуры пространственных данных (РИПД РФ) в Федеральную целевую программу «Электронная Россия (2002-2010 годы)». Были созданы «ГИС Санкт-Петербурга», «ЕГИП г. Москвы» и т.д.

ГИС позволяют сократить издержки от аварийных ситуаций за счет их предварительного моделирования и детальной проработки шагов по оперативному устранению. Также ГИС-технологии применяются для моделирования аварийных разливов нефти и нефтепродуктов:

- Определение траекторий стекания нефти. При расчетах учитываются как характеристики конкретного нефтепродукта (вязкость и просачиваемость), так и модель рельефа (уклоны, расположения объектов и т.д.);
- Оценка и расчет вредного воздействия разливов на население и территорию;
- Планирование мероприятий по предотвращению и устранению последствий аварийных ситуаций.

Кроме того, ГИС-технологии широко используются для принятия многофакторных решений по поиску оптимальных маршрутов с учетом заданных ограничений. ГИС-

технологии находят широкое применение в принятии многофакторных решений по поиску маршрутов:

- Поиск наилучших точек для размещения скважин,
- Проектирование дорог и трубопроводов (построение маршрутов с учетом местонахождения лесов и особо охраняемых территорий, грунтов и участков, требующих осушения, близости к населенным пунктам и т.д.),
- Оценка стоимости прокладки трасс и доставки нефтепродуктов по заданному маршруту.

В нефтегазовой отрасли в последние годы также появился новый термин – «умная» добыча или цифровое месторождение. Такого рода технологии особенно важны при повышении эффективности добычи нефти на труднодоступных участках, например, на шельфе, когда совершенно необходимо применение удаленного контроля работы месторождения, причем с привлечением целой группы профильных специалистов.

Такого рода технологии начали применяться компанией Shell в 1990–ые годы [106]. Новые технологии позволили повысить общий коэффициент извлечения нефти на 10%, газа — на 5% и ввести в разработку новые скважины, многие из которых без применения удаленного контроля были нерентабельными из-за большой удаленности. Непосредственно на месторождении должны собираться все данные — геологические, технические, статистические, далее эти данные передаются для обработки в центр принятия решений, а принятые решения должны передаваться обратно на месторождение с возможностью контролировать результаты. Постепенно формировались возможности теоретически моделировать эффективность решений и экстраполировать их на возможность применения в других месторождениях. Одна из международных консалтинговых компаний оценивает снижение себестоимости добычи на умном месторождении в 7-10% за счет оптимизации работ и снижения недоборов [107], по другим оценкам снижение себестоимости может достигать и 20%.

В России в качестве примера компании, которая начала процесс внедрения «умной» добычи можно назвать компанию «Газпром нефть» [108]. В 2013 году в компании была принята программа развития цифрового месторождения, внедрение началось на одном из наиболее технологически развитых дочернем предприятии «Газпромнефть-Хантос». Эксперты нашли на предприятии 62 возможности оптимизации и цифровизации производственных процессов. Повышение эффективности было достигнуто также за счет создания объединенной базы данных характеристик месторождения с разных точек зрения (с точки зрения геологии, бурения, экономики и т.д.). Таким образом был обеспечен комплексный анализ месторождения для принятия управленческих решений. Была

использована и собственная разработка компании - информационная система GeoMate, позволяющая анализировать и аккумулировать геологическую информацию обо всех месторождениях компании [109]. Система позволяет учитывать более 200 геологических параметров и объединила порядка 80% проводимых операций по анализу геолого-геофизической информации: сейсмических данных, карт, результатов исследований скважин, керна. Данная система помогает компании в постоянном обновлении и уточнении данных для повышения эффективности добычи. По расчетам «Газпром нефти», цифровые технологии позволят увеличить срок службы скважинного оборудования на 15% за счет более оптимальных режимов работ и уменьшить на 12% расходы на бурение благодаря точному анализу [99].

Настоящую революцию новые технологии могут принести в процесс найма персонала. Все больше крупных компаний начинают использовать роботов – рекрутеров, которые в перспективе могут существенно вытеснить или даже полностью заменить существующие сейчас управления персонала на определенных этапах поиска кадров.

Так в России данный процесс тоже активно развивается, об использовании роботов – рекрутеров заявили такие компании, как «Ростелеком», X5 Retail Group, «Почта банк», «М.видео», Альфа-банк, «Вымпелком», МТС и многие другие [110]. При этом многие компании используют именно российскую инновацию – робота-рекрутера Веру от компании Stafory [111]. Разработанный робот не просто способен найти соответствующие резюме соискателей (по ключевым словам, географии, возрасту, опыту и должности), но также он осуществляет обзвон потенциальных работников, может выделить заинтересованных работников, ответить им на простые вопросы о работе и компании, а далее провести и видео – интервью с потенциальным соискателем. Робот может произвести до 40 000 звонков в сутки, что, конечно, намного превосходит возможности человека, трудящегося в отделе персонала.

Разумеется, использование робота – рекрутера сталкивается со своими ограничениями, так его применение с учетом достаточно долгой настройки будет эффективно при необходимости найма одновременно существенного количества сотрудников при некоторых стандартных и предсказуемых условиях труда и трудовых обязанностях.

Однако, для такого рода «стандартного» найма применение новой технологии может быть экономически весьма оправданно – так сотрудники банка «Открытие», который применил данную технологию в 2017 году утверждают, что в итоге стоимость найма и время закрытия вакансий сократились в два раза [112].

Другим примером влияния новых технологий на производительность является влияние перехода на сухой способ производства в цементной отрасли. В России по состоянию на 2010 г. только 19% производства приходилось на сухой способ производства, тогда как большая часть цемента производилась менее эффективным, мокрым способом (см. таблицу 17). В то время как в развитых странах практически все компании уже перешли на более эффективный способ производства. Помимо развитых стран, в таких странах, как Китай, Индия и Казахстан, значительная часть компаний также перешла на менее энергоемкий сухой способ производства.

Таблица 17 – Структура производства цемента по видам технологий в разрезе стран, 2010 г.

	Сухой способ	Мокрый способ	Полусухой способ	Обжиг в печи
Россия	19%	72%	3%	6%
Китай	50%	3%	0%	47%
Казахстан	53%	47%	0%	0%
США	82%	18%	0%	0%
ЕС	90%	3%	7%	0%
Испания	91%	4%	5%	0%
Индия	93%	0%	7%	0%
Япония	100%	0%	0%	0%

Источник: Лебедев В. «Блокада прорвана», [113].

Мокрый способ производства включает в себя несколько стадий (см. рисунок 3). Первый этап заключается в добыче известняка и глины. На втором этапе происходит дробление и измельчение добытого известняка и глины. На третьем этапе происходит смешивание измельченного известняка и измельченной глины и размалывание полученной смеси в мельницах. Далее данная смесь направляется в вертикальный бассейн для корректировки. В дальнейшем полученная смесь направляется в печь обжига, где из нее получают клинкер. После этого клинкер охлаждается в промышленных холодильниках, дробится и измельчается в мельницах.

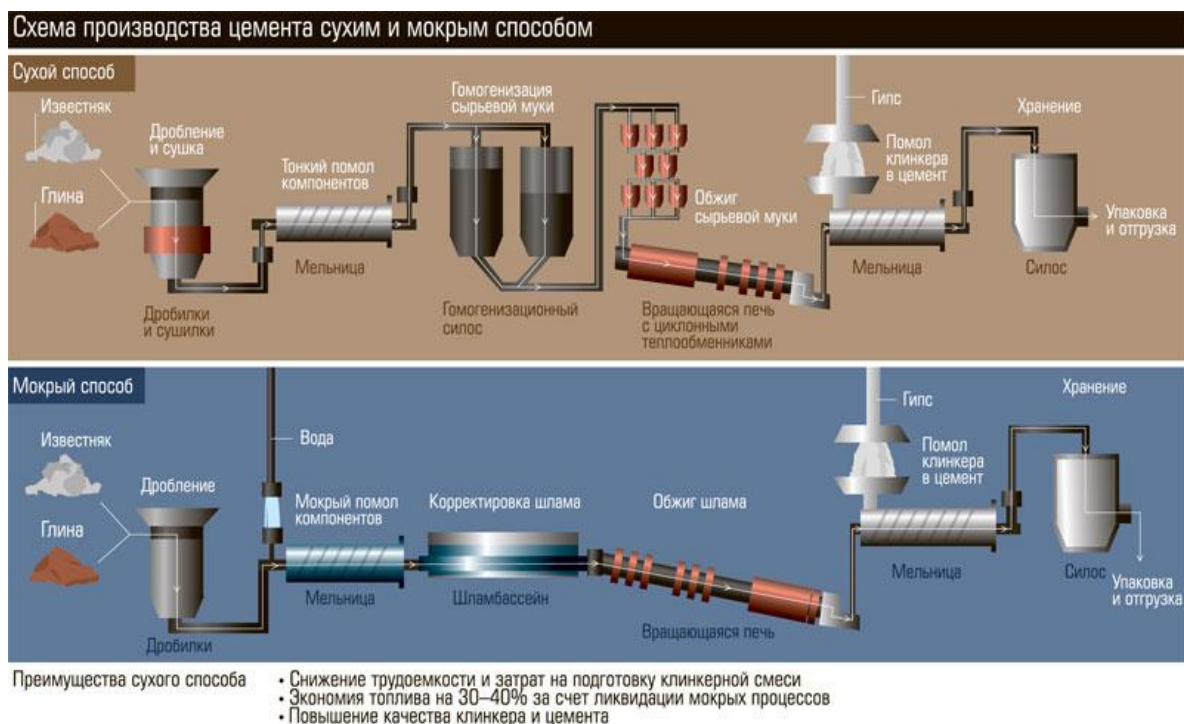


Рисунок 3 – Схема производства цемента сухим и мокрым способом
 Источник: Лебедев В. «Блокада прорвана», [113].

Сухой способ производства включает в себя те же стадии (см. рисунок 3), что и мокрый способ производства, однако смешивание и помалывание измельченной глины и измельченного известняка осуществляется без помощи воды. Поскольку при обжиге полученной смеси в печи требуется испарение меньшего количества воды, расходуется меньше энергии (см таблицу 18).

Существует также комбинированный способ производства, в котором совмещаются сухой и мокрый способы производства. При комбинированном способе могут использоваться два метода. При первом методе смесь из глины и известняка готовится мокрым способом, затем обезвоживается на фильтрах до 16-18% и отправляется в печь для обжига. Или смесь сначала готовится сухим способом, а затем в смесь добавляют воду, после чего смесь отправляется в печь для обжига.

Таблица 18 – Сравнительные среднегодовые показатели расхода энергоресурсов по способам производства

Тип производства	Ввод в эксплуатацию	Средний годовой удельный расход топлива	Средний годовой удельный расход электроэнергии	Средние приведенные энергозатраты
Сухой	До 1989	146.6	154.6	198.2
	После 2008	106.4	122.5	147.4
Мокрый	После 2008	189.2	121.9	229.6
Комбинированный		147.2	99.6	180.6

Источник: ИТС 6-2015 Производство цемента [87].

Другим примером влияния новых технологий на производительность является металлургическая отрасль, в частности выплавка стали. В современной металлургии существует три основных способа выплавки стали: мартеновский, кислородно-конвертерный и электросталеплавильный.

Мартеновские печи изобретены в 1864 году П.Э. Мартеном. Первая мартеновская печь в России была запущена на нижегородском Сорновском заводе 16 марта 1870 г. Начиная с 1970-х годов новые мартеновские печи в мире более не строятся.

Первый образец электродуговой печи создал П. Эру в 1899-1900 гг. В 1906 г. в США была построена первая промышленная трехфазная дуговая печь. В 1916-1917 гг. в России был построен первый электросталеплавильный цех на заводе «Электросталь».

В 1933-1936 гг. на киевском заводе «Большевик» были проведены первые в мировой практике плавки стали с применением кислородной продувки.

Вытеснение мартеновских печей кислородного-конвертерным производством началось после окончания Второй мировой войны.

Во второй половине 20 века начался переход российских компаний на использование кислородных конвертеров и электродуговых печей вместо мартеновских печей. Мартеновские печи уступили место электропечам и кислородным конвертерам:

- В 2008 не более 2.2% мировой стали выплавлялось с помощью мартеновского способа;
- В 2016 мартеновские печи сохранились только в 3 странах: Украине, России и Индии;
- В России доля выплавки стали в мартеновских печах снижалась: 52% в 1990, 23% в 2002 и 1% в 2016;
- В марте 2018 года на Выксунском металлургическом заводе была закрыта одна из последних в России мартеновских печей. Последние 3 печи - на «Петростали» и Гурьевском металл. заводе.

Переход от мартеновских печей к электропечам и кислородным конвертерам приводит к значимой оптимизации производственных процессов и сокращению издержек (см. таблицу 19). Так, ввод в эксплуатацию дуговой сталеплавильной печи (ДСП) вместо мартеновской печи на Таганрогском металлургическом заводе (ПАО «Тагмет») в 2013 привел к:

- Увеличению мощности выплавки стали с 600 до 950 тысяч тонн в год,
- Сокращению вредных выбросов в атмосферу г. Таганрога на 55%,
- Увеличению экономического эффекта предприятия на 2.39 млрд рублей в год.

Таблица 19 – Сравнение показателей работы мартеновских печей, кислородных конвертеров и электродуговых печей

	Мартеновские печи	Электропечи и кислородные конвертеры
Скорость плавления	14-24 часов на выплавку 1 тонны стали	2 часа на выплавку 1 тонны стали в кислородном конвертере и 0,4-1 часа - в электродуговой печи
Выход металла	Выход годного металла при разливке в изложницы составляет 75-80%	Выход годного металла при непрерывной разливке составляет 96-98% (используется в кислородных конвертерах)
Ручной труд	Выплавки стали подразумевает ручной труд сталеваров у открытого огня	В современных электропечах весь процесс выплавки компьютеризован, что повышает производительность труда
Промышл. выбросы	В 2013 году на мартеновское производство в России приходилось 28% промышленных выбросов и >6% сброса сточных вод	Снижение промышленных выбросов в атмосферу на 84%, а объемов сброса сточных вод – на 50%

Источник: сайт АО «ВМЗ» «Конец мартеновской эпохи», [114]

В заключение стоит отметить, что в современной экономике все в большей степени становится невозможным экстенсивный путь экономического роста, все большую роль играет скорость внедрения инноваций, в том числе «умных технологий», которые не просто снижают издержки производства, но способны изменить всю технологическую и организационную его основу, изменить взаимоотношения, как участников производственной цепочки, так и компаний и потребителей в контексте совмещения учета персональных потребностей покупателя и низкой себестоимости массового производства.

Четвертая промышленная революция, которая разворачивается на наших глазах за счет активного развития кибер-физических систем, роботизации и цифровизации производственных и управленческих процессов показывает еще только первые плоды (особенно в развивающихся странах), однако уже заметны тренды коренного преобразования каркаса не только отдельных отраслей, но и экономики в целом, а также преобразования домашнего быта, городской инфраструктуры, транспортных систем, здравоохранения и иных областей на основе «умных технологий». Достигнутые результаты видны уже сейчас, как в плане повышения комфорта потребителей, так и в рамках снижения себестоимости и изменения производственных функций, отказа от устаревших методов и процессов, при этом данные результаты могут быть значительно улучшены после

распространения «умных» технологий уже не в рамках отдельных предприятий, но в масштабах целых отраслей.

Внедрение «умного» производства, несомненно, сталкивается со своими проблемами и трудностями, перечислим некоторые из них. Во-первых, такого рода инновации, которые хотя и способны ощутимо снизить себестоимость продукции в будущем, требуют существенных изначальных инвестиций в формате фиксированных издержек. Таким образом, предприятия сталкиваются с непростым выбором – снижение переменных издержек в дальнейшей перспективе, в обмен на первоначальные существенные инвестиции. В этой связи опыт России, в том числе, показывает, что внедрение «умных» технологий часто происходит на крупных предприятиях, которые способны профинансировать соответствующие решения. В этой связи возникают опасения с точки зрения защиты конкуренции и монополизации рынков – не приведет ли бурное развитие «умных технологий» к ограничению конкуренции, вытеснению мелких фирм, невозможности входа новичка на рынок? Большое эмпирическое исследование о внедрении ERP-систем показало, что мелкие и средние компании неожиданно не указывали на финансовые причины при отказе от внедрения таких систем, но указывали на организационные и структурные причины и ограничения при внедрении [115]. В то же время опрос представителей SME (мелкого и среднего бизнеса) Германии показал большой интерес к технологиям Индустрии 4.0 - более половины респондентов показали глубокий интерес к теме, еще около трети продемонстрировали общее понимание тенденций [116]. Вместе с тем есть риски того, что мелкий и средний бизнес применяет только наименее дорогие и наименее радикальные инновации (такие, как симуляции или облачные технологии), а наиболее революционные инновации находятся вне их практики (Big Data, коллаборативные роботы и V2V механизмы) [117].

По мнению М. Портера эффекты с точки зрения конкуренции могут быть различными, так бывали примеры, когда «умные» технологии, напротив, помогали войти на рынок при старом технологическом процессе инкумбента [61]. Вместе с тем риски снижения конкуренции в соответствующих отраслях следует иметь в виду.

Другие риски связаны с увеличением технологического разрыва между странами и регионами, те участники отрасли, которые опоздали с внедрением роботизации и цифровизации производственных процессов рискуют столкнуться с неконкурентоспособной продукцией, как с точки зрения себестоимости и эффективности организации цепочки, так и с точки зрения гибкости и способности адаптироваться под меняющиеся запросы потребителей и контрагентов. Данная проблема, к сожалению, является актуальной и для России, так плотность роботизации в России по оценке

Национальной ассоциации участников рынка робототехники (НАУРР) могла быть почти в 70 раз ниже, чем в среднем по миру, на Россию приходилось только 0.25% промышленных роботов в мире [118].

Процесс развития «умного» производства сталкивается и со своими техническими ограничениями. Например, необходимы эффективные технологии обработки и передачи данных, в этой связи опора делается на беспроводные сети передачи данных (Wireless, Bluetooth, ZigBee), развитие которых требует соответствующих инвестиций. Также для развития «умных» и цифровых технологий критически важным оказалось такое сырье, как редкоземельные металлы (группа из 17 элементов, включающая лантан, скандий, иттрий, которые весьма редки, а потому продаются по высоким ценам, но при этом необходимы в современной электронике). На данном рынке возникла дополнительная проблема, связанная с монополизацией данных поставок Китаем, на который одно время приходилось до 95% поставок [119], что дало возможности создания искусственного дефицита и повышения цен за счет снижения объема поставок. В настоящее время эта проблема немного смягчилась, за счет увеличения объема поставок из США, Австралии и других стран.

Также процесс развития «умных технологий» облегчается за счет эффективного участия государства. С одной стороны, требуется развивать национальные технические стандарты «умных» сетей и далее обеспечивать синхронизацию этих стандартов на международном, наднациональном уровне, для облегчения международной кооперации разработчиков и заказчиков «умных» технологий. Также, с учетом роли кластеров в создании благоприятной среды для данных инноваций, государство может сыграть свою роль в стимулировании создания кластеров для объединения усилий предприятий, научных и образовательных организаций, ассоциаций, а также в целом создания программ развития умных технологий. Так в Германии реализуется программа «Индустрии 4.0», в Корее программы 4 стратегий Министерства торговли, промышленности и энергетики (MOTIE) и 9 проектов Министерства науки, ИКТ и планирования (MSIP) [67].

4 Количественный анализ каналов влияния технологических шоков на производственные функции промышленных отраслей в России

Как уже было сказано ранее, поскольку именно технологический прогресс считается основным фактором роста СФП, повышается актуальность анализа эффектов от внедрения новых технологий, изучение механизмов влияния технологических

шоков на СФП и производственные функции как на уровне отраслей экономики, так и на уровне отдельных предприятий.

В настоящей работе на примере двух референтных отраслей российской промышленности (производство цемента и металлургия) проводится количественная оценка влияния внедрения значимой для каждой рассматриваемой отрасли новой технологии на производительность на уровне компаний. Сроки внедрения и особенности новых технологий в этих отраслях были описаны в предшествующем разделе 3. Выбор данных отраслей в качестве референтных обусловлен несколькими факторами. Во-первых, определенной гомогенностью производимой продукции, что позволяет более четко выделить и эмпирически оценить экономические эффекты от внедрения новых технологий. Во-вторых, локализованными во времени сроками внедрения новых технологий в каждой из отраслей и наличием определенного периода со времени завершения данного процесса, что позволяет провести эмпирическую оценку эффектов.

4.1 Методология оценки влияния технологических шоков на производственные функции

Эконометрическая оценка влияния новой технологии на производительность и производственную функцию компаний осуществляется несколькими методами [120]. Основным методом является оценка модели с фиксированными эффектами. Для оценки влияния новой технологии на совокупную факторную производительность оценивается следующее уравнение:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 k_{it} + \beta_2 l_{it} + \beta_3 m_{it} + \beta_4 tech_{it-1} + \alpha_i + \varepsilon_{it} \quad (11)$$

где y_{it} – натуральный логарифм выпуска фирмы i в период t , k_{it} – натуральный логарифм запаса капитала фирмы i в периоде t , l_{it} – натуральный логарифм количества занятых фирмы i в периоде t , m_{it} – натуральный логарифм стоимости используемых материалов фирмы i в периоде t , $tech_{it}=1$, если фирма i использует в периоде t новую технологию (например, для цементной отрасли - сухой способ производства), $tech_{it}=0$, если фирма i использует в периоде t старую технологию (в частности, для цементной отрасли - мокрый способ производства), α_i – фиксированный эффект на фирму.

Следующим методом является оценка объединенной (pool) регрессии. Данная модель может быть оценена как за весь определенный период времени, так и за отдельный год (например, 2016, как в данной работе). Для этого оценивается следующая модель:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 k_{it} + \beta_2 l_{it} + \beta_3 m_{it} + \beta_4 tech_{it-1} + \varepsilon_{it} \quad (12)$$

где y_{it} – натуральный логарифм выпуска фирмы i в период t , k_{it} – натуральный логарифм запаса капитала фирмы i в периоде t , l_{it} – натуральный логарифм количества занятых фирмы i в периоде t , m_{it} – натуральный логарифм стоимости используемых материалов фирмы i в периоде t , $tech_{it}=1$, если фирма i использует в периоде t новую технологию производства, $tech_{it}=0$, если фирма i использует в периоде t старую технологию производства.

Для оценки влияния новой технологии на производственную функцию оценивается модель с перекрестными слагаемыми:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 k_{it} + \beta_2 l_{it} + \beta_3 m_{it} + \beta_4 k_{it} tech_{it-1} + \beta_5 l_{it} tech_{it-1} + \beta_6 m_{it} tech_{it-1} + \alpha_i + \varepsilon_{it} \quad (13)$$

где y_{it} – натуральный логарифм выпуска фирмы i в период t , k_{it} – натуральный логарифм запаса капитала фирмы i в периоде t , l_{it} – натуральный логарифм количества занятых фирмы i в периоде t , m_{it} – натуральный логарифм стоимости используемых материалов фирмы i в периоде t , $tech_{it}=1$, если фирма i использует в периоде t новую технологию производства, $tech_{it}=0$, если фирма i использует в периоде t старую технологию производства, α_i – фиксированный эффект на фирму.

Еще одним используемым методом является метод Олли и Пейкса [121], в котором предполагается, что размер инвестиций компании в обновление основных фондов положительно зависит от ее производительности (более производительные компании больше инвестируют). Данный подход позволяет решить ряд проблем, связанных с оценкой производственных функций на микро-уровне (мультипродуктовость фирмы, отсутствие доступных микро-данных по ценам отдельных продуктов, производимых фирмой, эндогенности при выборе факторов производства и ряд других), снижая связанные с ними смещения в получаемых оценках.

4.2 Описание базы данных

Для проведения эмпирического анализа были сформированы две отдельные базы данных, содержащих информацию о деятельности предприятий цементной промышленности и металлургической отрасли в России, в том числе информацию о сроках и характере перехода к использованию новых технологий.

Общая выборка для оценки влияния перехода на сухой способ производства на совокупную факторную производительность и вид производственной функции в цементной отрасли России насчитывает 93 компании.

Географически большая часть заводов находится в Европейской части России. (см. рисунок 4). Лидерами по производству цемента являются Центральный и Приволжский

федеральные округа. Доля импорта и экспорта в общем объеме производства цемента очень низка. Доля импорта в потреблении составляет 6.7%, а доля экспорта в производстве – 2.6%. Основная часть экспорта приходится на Центральный и Приволжский федеральные округа, в то время как основная часть импорта – на Центральный и Северо-западный федеральные округа (см. таблицу 20).

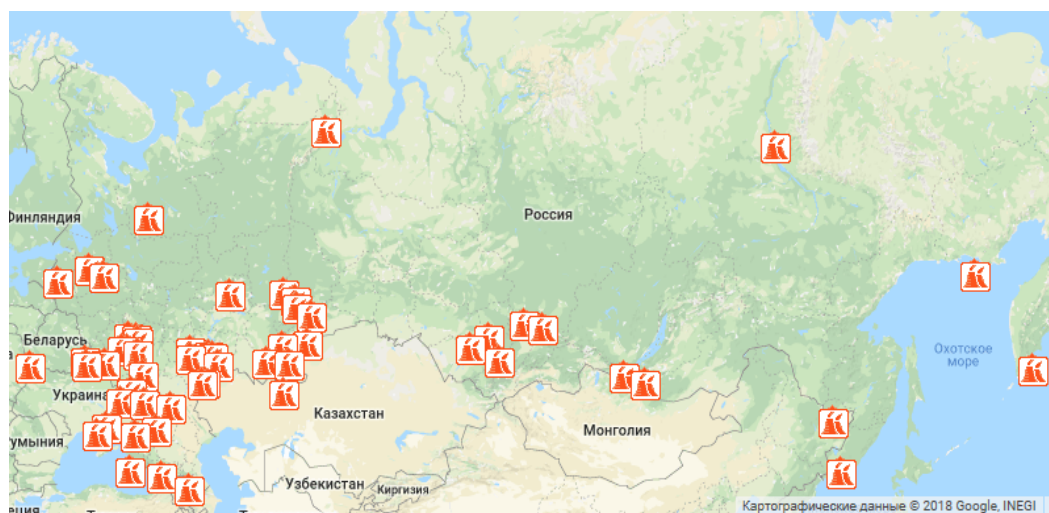


Рисунок 4 – Карта цементных заводов России

Источник: сайт Beton.ru [122].

Таблица 20 – Баланс производства и потребления цемента в 2014 г., тыс. т.

Регион	Производство	Импорт	Экспорт	Потребление	(+/-)
Всего по РФ	68424	4799	1752	71470	-3046
Европейская часть России	50654	4169	1460	53606	-3042
ЦФО	17331	1207	539	22632	-4900
СЗФО	4496	1668	4	6691	-2195
ПФО	16381		657	12597	3783
ЮФО	9560	975	182	8003	1557
СКФО	2396	319	78	3683	-1287
Азиатская часть России	17860	630	292	17864	-4
УФО	6767	0	96	7142	-375
СФО	8729	246	195	8103	626
ДВФО	2364	384	1	2618	-254

Источник: ИТС 6-2015 Производство цемента [87].

Крупнейшим холдингом в отрасли является АО «Евроцемент Груп» (см. таблицу 21). Доля производства цемента данного холдинга в общем объеме производстве составила в 2014 г. 38.2%. Компания была создана в 2002 г. и стала крупнейшей в 2005 г. после приобретения 5 заводов компании «Интеко» и 2 заводов компании АСУ-155. Монополизация отрасли привела к резкому росту цен на цемент. Необоснованное повышение цен привлекло внимание чиновников ФАС [123]. ФАС обязала компанию ограничить рост цен до 5% в квартал и продавать определенную долю на бирже. Тем не менее в 2007 г. цены на цемент выросли на 140%. Такая динамика цен стимулировала

приток новых инвестиций в отрасль. По состоянию на 2008 г. в каждом из федеральных округов доля компании АО «Евроцемент Групп» составляла от 50 до 80%. По состоянию на 2014 г. уровень загрузки мощностей в фирмах отрасли находился в диапазоне 41%-80% [87]. При этом доля мощностей, работающих по сухому способу производства, колебалась от 0 до 100%. В 2006 г. в состав группы «Евроцемент» вошло предприятие Ахангарацемент. В 2014 г. были приобретены 2 крупные компании – «Мордовцемент» и «Петербургцемент». В 2015 г. начал работу Сенгилеевский цементный завод. В настоящее время компания Евроцемент включает в себя 16 заводов.

Следующей в рейтинге компаний по объему производства цемента является холдинг Газметаллопроект, который включает в себя 2 компании, и доля производства которой составляет 8.88% (см. таблицу 21). Третье место по объемам производства цемента занимает холдинг Сибирский цемент, который включает в себя 3 компании. Доля данного холдинга составляет 6.32%. В России также присутствуют иностранные цементные холдинги. Холдинг Heidenberg Cement включает в себя 3 компании, Dyckerhoff – 2 компании, Holcim – 2 компании, Lafarge – 2 компании.

Таблица 21 – Структура производства цемента в России в разрезе холдингов в 2014 г.

Компания	Доля производства	Доля мощностей на сухом способе производства	Уровень загрузки мощностей
АО «Евроцемент Групп»	38.20%	30.0%	68%
Газметаллопроект	8.88%	27.2%	76%
Прочие	8.07%	30.2%	52%
Сибирский цемент	6.32%	0%	80%
Dyckerhoff	6.00%	20.4%	64%
Holcim	5.47%	42.5%	76%
Heidelberg Cement	5.42%	86.5%	75%
Востокцемент	3.15%	73.0%	50%
Базэл Цемент	2.80%	44.9%	53%
ЮУГПК	2.76%	100%	80%
Искитимцемент	2.54%	0%	83%
Lafarge	2.49%	48.5%	46%
Горнозаводскцемент	2.31%	0%	72%
United Cement Group	1.06%	47.9%	41%

Источник: ИТС 6-2015 Производство цемента [87].

Среднее значение выручки в базе данных цементных компаний равно 3.1 млрд рублей, среднее значение стоимости основных средств – 8.8 млрд рублей, среднее значение количества занятых – 878 человек, а среднее значение материальных расходов – 2.7 млрд рублей. Наибольший размер выручки был у компании Мордовцемент, наибольшее количество занятых в компании Осколцемент, наибольшее значение стоимости основных средств в компании Новоросцемент, наибольшее значение расходов на приобретение материалов – в компании Искитимцемент.

Как можно видеть из графиков ниже, внедрение сухого способа производства привело к росту производительности труда в большинстве компаний, сменивших производственную технологию. Особенно большое влияние новая технология оказала на динамику производительности труда в «Строительные материалы» и в «Себряковцемент». Производительность труда в «Строительные материалы» выросла более чем в 4 раза, а производительность труда в Себряковцемент – более чем в 1.6 раза. Производительность труда в компаниях «Мордовцемент» и «Новоросцемент» тоже выросла, но в меньшей степени – в 1.38 раза. Компания Волскцемент перешла к сухому способу производства в 2016 г., поэтому в настоящее время недостаточно данных для оценки влияния новой технологии на производительность труда данной компании.

Значительный рост производительности труда наблюдался также в таких компаниях, как Сухоложскцемент, Углегорскцемент и в Верхнебакинском цементном заводе. Производительность труда Сухоложскцемент выросла в 2009-2017 гг. более чем в 3 раза, Углегорск цемент - в 2.9 раза, в верхнебакинском цементном заводе – в 6.7 раза. Рост производительности труда произошел также и в Сенгилеевском цементном заводе, хотя и в меньшей степени – в 2014-2017 гг. производительность труда выросла в 28.6 раз.

Отрасль черной металлургии в России традиционно относится к числу наиболее значимых отраслей промышленного производства. Предприятия металлургической отрасли являются поставщиками продукции для многих других отраслей - судостроения, авиации, транспортного и тяжелого машиностроения, военно-промышленного комплекса, железнодорожного транспорта и др. В 2015 году доля черной металлургии в ВВП оценивается в 1.4%, доля в общем объеме промышленного производства - 8% промышленного производства и 6 % экспорта. В тоже время черная металлургия является важнейшим потребителем сырья и энергии, предъявляя спрос на 5.3% от общего объема электроэнергии и 5.8% природного газа. Доля отрасли в общем объеме грузовых железнодорожных перевозок составляет 15% [124].

К настоящему времени Россия входит в число ведущих мировых производителей стали.

Несмотря на стагнацию в производстве в 2015-2016 гг. в настоящее время (по данным 2017 начала 2018 гг.) отрасль демонстрирует тенденцию к восстановительному росту (см. рисунки 22 и 23). В определенной мере этому способствует продолжающийся рост мировой экономики, а также увеличение спроса на металлургическую продукцию со стороны основных внутренних потребителей: жилищное строительство, автомобилестроение.

Развитие отрасли в значительной степени зависит от внешнеэкономической конъюнктуры. Доля экспортных поставок в общем объеме российского производства металлопродукции за последние 10 лет составляла не менее 39% [125]. При этом наиболее значительную долю в объеме экспортных поставок продукции черной металлургии составляет плоский прокат.

По экспертным оценкам дальнейшему росту в металлургической отрасли будут способствовать такие факторы как стабилизация курса рубля, сохранение государственной поддержки отрасли и потенциал импортозамещения [126].

Одной из особенностей развития металлургической отрасли в России в 2000-х гг. стала реализация масштабных инвестиционных программ по внедрению современных технологий производства. В частности, многими предприятиями был осуществлен переход от традиционной технологии выплавки в мартеновских печах к использованию электродуговых плавильных печей и кислородно-конвертерного способа. Несмотря на то, что первая дуговая сталеплавильная печь была построена в 1899 году французским инженером Эру [127], массовое внедрение данной технологии в индустриально развитых странах мира относится ко второй половине 20 века. В России данная технология была апробирована в советский период и в дальнейшем применялась наряду с кислородно-конвертерным и мартеновским способом выплавки. В период с начала 2000-х по настоящее время российские предприятия осуществили техническое переоснащение сталеплавильного производства, отказавшись от мартеновской технологии³.

Существующие эмпирические исследования влияния технологических шоков на факторную производительность показывают значимый положительный эффект как на рост производительности, так и совокупного выпуска. Например, в работе японских авторов [128] было показано, что переход японских сталеплавильных предприятий на кислородно-конвертерный способ выплавки привел к увеличению общей факторной производительности на 30%. При этом вклад новой технологии в увеличение общего объема выпуска оценивался в 14%.

Для оценки влияния перехода российских металлургических предприятий на новую технологию плавки (использование электродуговых печей) на изменение параметров и вида производственной функции была сформирована база данных по предприятиям российской

³ Последний действующий мартеновский цех был закрыт на Выксунском металлургическом заводе 23 марта 2018 года [Ошибка! Источник ссылки не найден.]

металлургической отрасли, имеющим собственное сталеплавильное производство, охватывающая период с 2006 по 2017 год⁴.

Также была построена переменная-индикатор (electroplav), фиксирующая период (год), в котором предприятие осуществило переход от мартеновской технологии к использованию электродуговых печей.

Отметим, что значения корреляционных коэффициентов имеют ожидаемый знак и значения. Индикатор электроплавильной технологии положительно коррелирован с объемом выпуска, инвестициями и производительностью труда.

Распределение значений капитала, трудовых ресурсов, выпуска и инвестиций предприятий показано на рисунке 5.

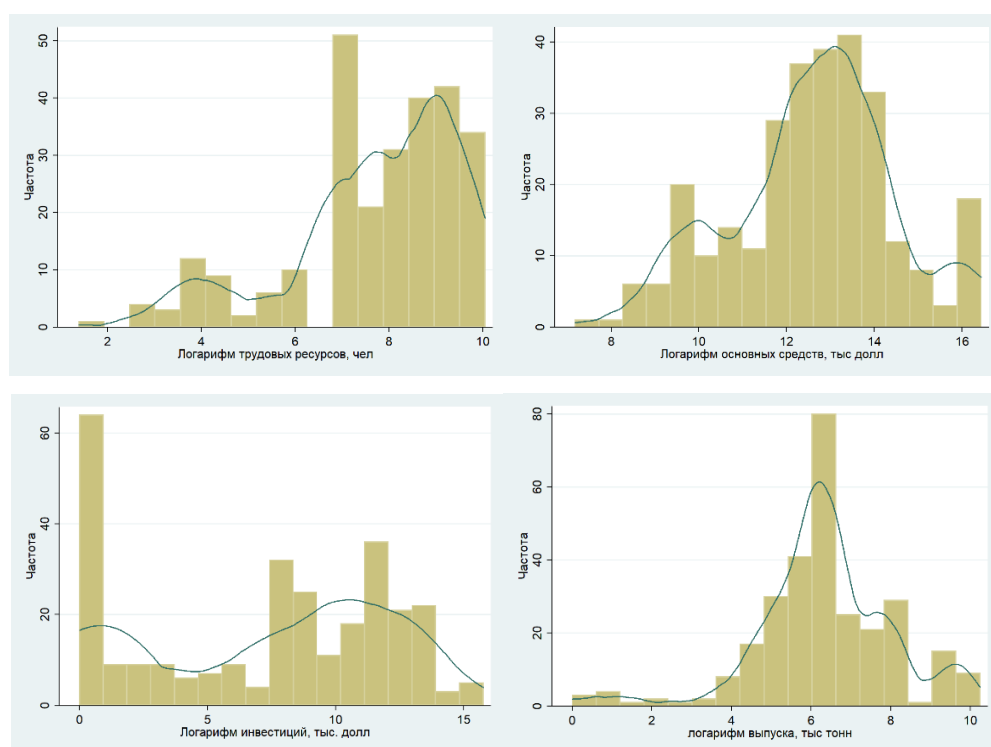


Рисунок 5 – Диаграммы распределения логарифмов выпуска, капитала, инвестиций и трудовых ресурсов предприятий выборки

Источник: составлено на основе расчетов авторов.

На диаграммах ниже показана динамика среднего объема выпуска, инвестиций и производительности труда предприятий в выборке. После падения производства и объема инвестиций в 2013-2014 гг наметилась стабилизация и тенденция к восстановительному росту. Также можно отметить тренд на рост производительности труда в отрасли начиная с 2008 года (см. рисунок 6).

⁴ Для сбора данных использовалась база данных по российским предприятиям «РУСЛАНА»

Предприятия, использующие электроплавильную технологию, в среднем демонстрируют более высокую производительность. В дальнейшем данные оценки будут подтверждены в регрессионном анализе.

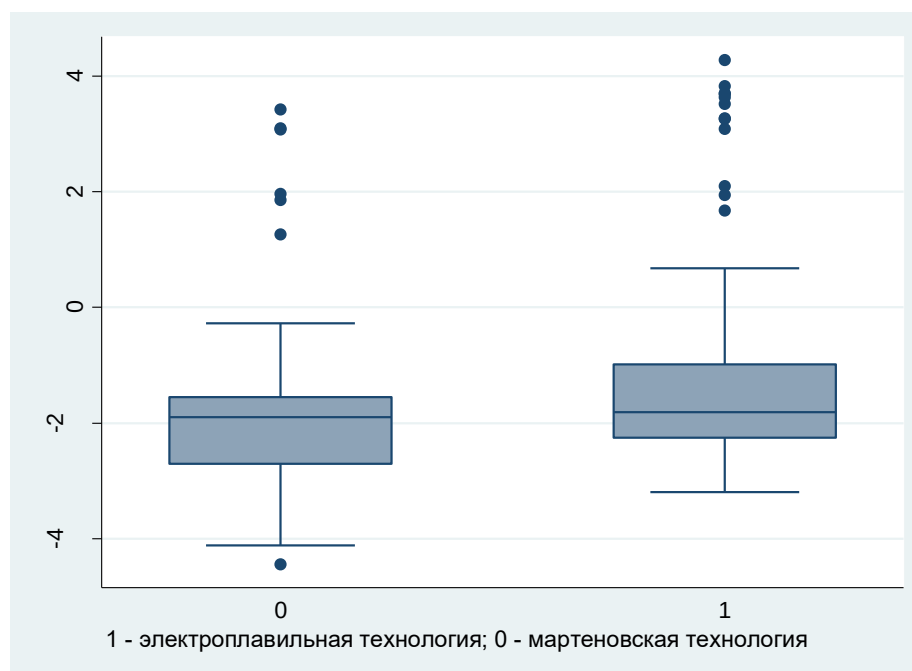


Рисунок 6 – Распределение производительности труда в зависимости от применяемой технологии выплавки стали

Источник: составлено на основе расчетов авторов.

4.3 Результаты оценки влияния технологических шоков на производственные функции

В таблице 22 указаны результаты оценки влияния перехода на новую технологию на СФП в цементной отрасли в России

Таблица 22 – Результаты оценок производственной функции цементной отрасли России

Переменные	Pool	Pool за 2016 г.	Фиксированные эффекты	Метод Олли и Пейкса	Метод Левинсона и Петрина
Логарифм величины основных средств	0.04**	0.02	0.08**	0.004	-0.01
Логарифм количества занятых	0.21**	0.24	0.93**	0.13**	0.19**
Логарифм материальных расходов	0.61**	0.60**	0.57**	0.90**	0.59**
Дамми на сухой способ производства	0.002	-0.01	0.47**	0.12	-0.28
Количество наблюдений	368	47	368	257	320

Источник: составлено на основе расчетов авторов.

Согласно полученным результатам (см. таблицу 22), внедрение сухого способа производства привело при прочих равных к росту СФП на 47% при

предпосылке о том, что вид производственной функции при старой и новой технологиях одинаковый. При этом стоит отметить, что при использовании методов оценивания без фиксированных эффектов на фирму коэффициент при дамми-переменной, характеризующей переключение со старой технологии на новую, оказался незначимым. Это свидетельствует о том, что различия в совокупной факторной производительности между фирмами объясняются не только различием в технологиях, но и множеством других факторов. Такими факторами могут быть:

- Разная география поставок (разные транспортные издержки). Если фирмы, использующие более эффективную технологию, поставляют продукцию в более удаленные регионы, то их транспортные издержки выше, чем и может обуславливаться отсутствие различий в СФП;

- Разный уровень незавершенного строительства (который включается в показатель основных средств с 2010 г.). Если фирмы, использующие более эффективный способ производства, имеют в среднем больший уровень незавершенного строительства (о чем нельзя узнать с 2011 г. ввиду отсутствия данных), то величина основных средств, вовлеченных в производственный процесс, завышена, и их СФП занижена;

- Разная степень монопольной власти на разных рынках (из-за этого различаются цены и выручка, на основе которой оценивается производительность). Если менее производительные фирмы ввиду большой разницы в транспортных издержках имеют монопольную власть на отдельных рынках, то их цены будут выше, чем у фирм с большей производительностью, и их производительность будет завышена;

- Разные виды выпускаемого цемента – соответственно разные цены и издержки;

- «Многопродуктовость» фирм (возможно некоторые фирмы еще и торговлей, перепродажей цемента занимаются, если у них мощностей не хватает покрывать местный спрос);

- Разные цены на входящие (например, в разных регионах разные цены на газ). Если более производительные фирмы приобретают ту же промежуточную продукцию по более высоким ценам, то их расчетная производительность будет занижена;

- Разные уровни загрузки мощностей;
- Различная динамика цен на конечную и промежуточную продукцию (цены на цемент очень нестабильные, в 2007 г. вообще почти в 2 раза выросли), правда оценка происходит на данных с 2007-2008 г., потому что за более ранние периоды данных нету;
- Неточные данные относительно материалов.

То, что различия в совокупной факторной производительности между фирмами объясняются не только различием в технологиях, но и множеством других факторов, ясно можно видеть на рисунке 7.



Рисунок 7 – Зависимость СФП от способа производства цемента

Также была проведена оценка зависимости степени влияния перехода на сухой способ производства на СФП в зависимости от размера и возраста компании. Согласно полученным результатам, чем больше величина основных средств компании, тем большее влияние оказывает переход на сухой способ производства на СФП, а возраст компании никак не влияет на то, как сильно меняется СФП при изменении используемого способа производства.

Таблица 23 - Результаты оценок влияния перехода на сухой способ производства на СФП компаний в зависимости от размера компании

	Коэффициент	Стандартная ошибка	t	P> t
Логарифм величины основных средств	0.03	0.04	0.89	0.376
Логарифм материальных расходов	0.85**	0.12	6.80	0.000
Логарифм количества занятых	0.57**	0.05	11.85	0.000
Дамми на сухой способ производства	-4.48**	1.30	-3.45	0.001
Произведение дамми на сухой способ производства и стоимости основных средств	0.32**	0.08	3.87	0.000

Источник: составлено на основе расчетов авторов.

Таблица 24 - Результаты оценок влияния перехода на сухой способ производства на СФП компаний в зависимости от возраста компании

	Коэффициент	Стандартная ошибка	t	P> t
Логарифм величины основных средств	0.08*	0.04	2.14	0.03
Логарифм материальных расходов	0.92**	0.12	7.36	0.00
Логарифм количества занятых	0.57**	0.05	11.58	0.00
Дамми на сухой способ производства	0.59	0.01	1.49	0.14
Произведение дамми на сухой способ производства и возраста	-0.00	0.01	-0.35	0.72

Источник: составлено на основе расчетов авторов.

Результаты оценок влияния новой технологии на производственную функцию (уравнение (13)) представлены в таблице 25. Как можно видеть, производственная функция при использовании сухого способа производства существенно отличается от производственной функции при использовании мокрого способа производства. Как и ожидалось, доля материальных расходов в общих затратах ниже при использовании сухого способа производства, поскольку при использовании печи при обжиге смеси с меньшей влажностью требуется значительно меньше энергии. Перекрестное слагаемое, рассчитывающееся как произведение лагированного значения дамми-переменной на использование сухого способа производства на величину основных средств, оказалось незначимым.

Таблица 25 - Результаты оценок производственной функции цементной отрасли России при сухом и мокром способе производства

	Коэффициент	Стандартная ошибка	t	P> t	95% доверительный интервал	
Логарифм величины основных средств	0.08	0.04	2.04	0.04	0.00	0.16
Логарифм материальных расходов	0.59	0.05	11.11	0.00	0.48	0.69
Логарифм количества занятых	0.81	0.13	6.29	0.00	0.56	1.06
Произведение дамми на сухой способ производства и величины основных средств	-0.02	0.08	-0.29	0.77	-0.18	0.13
Произведение дамми на сухой способ производства и количества занятых	0.52	0.16	3.16	0.00	0.20	0.85
Произведение дамми на сухой способ производства и материальных расходов	-0.16	0.09	-1.71	0.09	-0.35	0.02
Константа	-0.13	0.91	-0.15	0.88	-1.92	1.65

Источник: составлено на основе расчетов авторов.

В результате оцененных регрессий были получены значения совокупной факторной производительности за весь рассматриваемый период для всех компаний из базы данных.

Также была проведена количественная оценка перехода на новую технологию в металлургической отрасли на СФП и на вид производственной функции компаний. Результаты оценки уравнения (2) с использованием процедуры МНК, стандартных панельных методов (fixed and random effects model) и метода контрольной функции Olley-Pakes представлены в таблице 26.

Таблица 26 - Результаты оценки влияния перехода на электроплавильную технологию на совокупную факторную производительность металлургических предприятий

Модель:	(Pooled)	(Fixed effect)	(Random effect)	(Olley-Pakes)
Переменные	Зависимая переменная: логарифм выпуска в тыс долл			
Логарифм основных фондов в тыс долл	0.512*** (0.0444)	0.382*** (0.0609)	0.453*** (0.0494)	0.333*** (0.0666)
Логарифм численности персонала	0.353*** (0.0483)	0.729*** (0.115)	0.485*** (0.0648)	0.309*** (0.0980)
$tech_{it-1}$ – индикатор перехода на электроплавильную технологию в году t-1	0.167 (0.108)	0.354** (0.177)	0.288* (0.155)	0.310*** (0.0635)
Константа	3.551*** (0.535)	2.129** (0.852)	3.162*** (0.629)	
Число наблюдений	276	276	276	276
R-квадрат	0.696	0.398		
Число предприятий / групп в выборке		34	34	34

Примечания

1 в скобках указаны робастные стандартные ошибки коэффициентов; *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

2 Источник: составлено на основе расчетов авторов

Результаты показывают, что предприятия металлургической отрасли, перешедшие на новую технологию плавки (использование электродуговых печей), демонстрируют прирост факторной производительности в среднем в диапазоне от 25 до 42%, что согласуется с имеющимися в литературе оценками.

В оцениваемых выше уравнениях регрессии в качестве зависимой переменной используется валовая выручка предприятия в стоимостном выражении. Поскольку исследуемые предприятия металлургической отрасли не являются гомогенными, их продукция дифференцирована и соответственно цены на продукцию различаются — это может вносить искажения в полученные оценки. Для корректировки возможных искажений в оценках были построены ценовые дефляторы (при расчете использовались данные Росстата по средним ценам на различные виды продукции металлургии). Результаты оценок с учетом ценового фактора приведены в таблице 27.

Таблица 27 - Результаты оценки влияния электроплавильной технологии на факторную производительность (выпуск в тысячах тонн)

Модель:	(Pooled)	(Fixed effect)	(Random Effect)	(Olley-Pakes)
Переменные	Зависимая переменная: логарифм выпуска в тыс тонн			
Логарифм основных фондов в тыс долл	0.478*** (0.0458)	0.291*** (0.0548)	0.370*** (0.0472)	0.327*** (0.116)
Логарифм численности персонала	0.310*** (0.0496)	0.732*** (0.103)	0.487*** (0.0659)	0.277*** (0.0692)
$tech_{it-1}$ – индикатор перехода на электроплавильную технологию в году t-1	0.270** (0.111)	0.537*** (0.159)	0.471*** (0.146)	0.392*** (0.0815)

Константа	-2.320*** (0.557)	-3.443*** (0.766)	-2.477*** (0.613)	
Число наблюдений	276	276	276	276
R-квадрат	0.637	0.399		
Число предприятий / групп в выборке		34	34	34

Примечания

1 в скобках указаны робастные стандартные ошибки коэффициентов; *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

2 Источник: составлено на основе расчетов авторов.

На следующем шаге оценивалось влияние использования электроплавильной технологии на параметры производственной функции: тестировалась гипотеза о том, что предприятия, использующие электроплавильную технологию, демонстрируют более высокую эластичность выпуска по капиталу и более низкую эластичность по труду. Для этой цели в оцениваемое уравнение дополнительно включались произведения логарифма факторов и индикатора электроплавильной технологии (переменная $Electroplav \cdot \text{Логарифм основных фондов}$ и $Electroplav \cdot \text{Логарифм численности персонала}$). Результаты оценивания представлены в таблице 28.

Таблица 28 - Результаты оценки влияния электроплавильной технологии на эластичность выпуска по капиталу и труду (выпуск в тысячах тонн)

Модель:	(Pooled)	(Fixed effect)	(Random effect)
Переменные	Зависимая переменная: логарифм выпуска в тыс тонн		
Логарифм основных фондов в тыс долл	0.492*** (0.0560)	0.359** (0.155)	0.420** (0.170)
Логарифм численности персонала	0.382*** (0.0620)	1.075*** (0.113)	0.797*** (0.176)
$Electroplav \cdot \text{Логарифм основных фондов в тыс долл}$	-0.0120 (0.0859)	-0.160 (0.197)	-0.124 (0.186)
$Electroplav \cdot \text{Логарифм численности персонала}$	-0.118 (0.0928)	-0.519*** (0.0635)	-0.437*** (0.121)
$Electroplav$ (индикатор сталеплавильной технологии)	1.356 (1.059)	6.908*** (2.073)	5.683** (2.439)
Константа	-3.067*** (0.756)	-7.213*** (1.973)	-5.720*** (2.174)
Число наблюдений	276	276	276
R-квадрат	0.643	0.571	
Число предприятий / групп в выборке		34	34

Примечания

1 в скобках указаны робастные стандартные ошибки коэффициентов; *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

2 Источник: составлено на основе расчетов авторов.

Представленные выше оценки базировались на предположении об определенной

функциональной форме производственной функции предприятий металлургической отрасли (производственная функция Кобба-Дугласа). Однако данное предположение может не выполняться на практике, например, в силу наличия возрастающей отдачи от масштаба (величины основного капитала). Данные эффекты не могут быть оценены в рамках линейной формы уравнения

Для устранения данных недостатков зависимость выпуска от факторов производства оценивалась непараметрическими методами: использовался метод локальной полиномиальной регрессии (local polynomial regression) вида:

$$m(x) = m(x_0) + \beta_1(x - x_0) + \beta_2(x - x_0)^2 + \dots + \beta_p(x - x_0)^p \quad (14)$$

Для сглаживания использовалось ядро Гаусса (local linear smooth using a gaussian kernel). Результаты представлены в графической форме (см. рисунки 8 и 9).

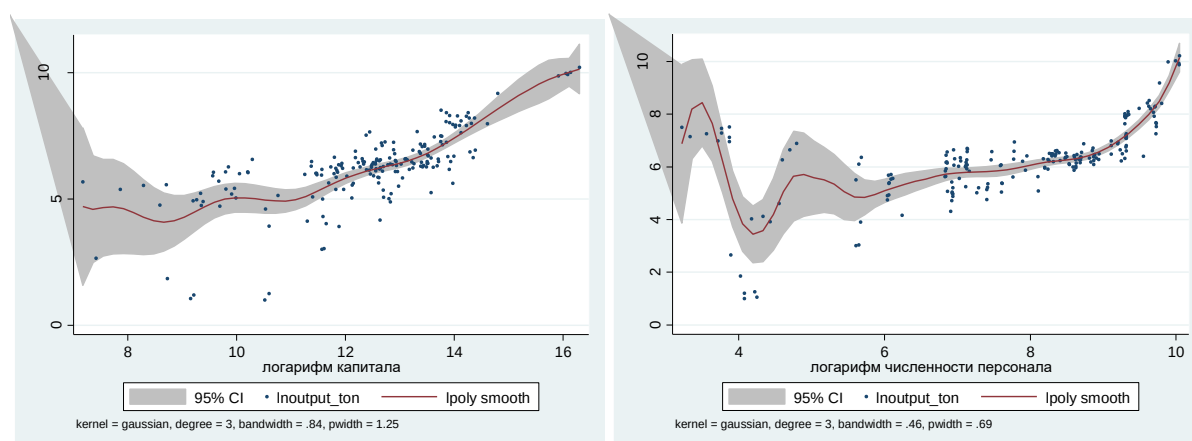


Рисунок 8 – Зависимость выпуска от размера основного капитала для предприятий использующих электроплавильную технологию

Источник: составлено на основе расчетов авторов.

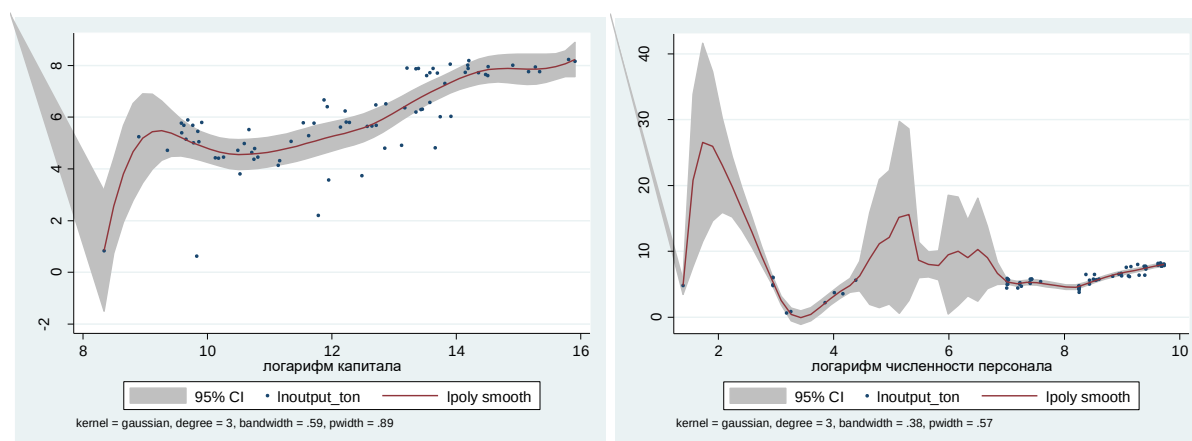


Рисунок 9 - Зависимость выпуска от размера основного капитала для предприятий, использующих мартеновскую технологию⁵

Источник: составлено на основе расчетов авторов.

⁵ Количество точек на графике зависимости выпуска от трудовых ресурсов для предприятий с мартеновской технологии существенно меньше из-за пропущенных значений в исходной базе

Как следует из графиков установить явную нелинейную зависимость факторов от выпуска не представляется возможным. Во всех случаях, где количество наблюдений достаточно велико линейная аппроксимация представляется достаточно точным описанием зависимости выпуска от факторов для предприятий обеих групп. Дополнительно к непараметрическим тестам оценивалась транс логарифмическая форма производственной функции, которая является приближением функции с постоянной эластичностью замещения факторов (CES function) рядом Тейлора второй степени. То есть рассматривалось следующее уравнение:

$$\begin{aligned} \ln(Y_i) = & \alpha + \beta_{k1} \ln(K_i) + \beta_{l1} \ln(L_i) + \beta_{kk1} \ln(K_i)^2 + \beta_{ll1} \ln(L_i)^2 \\ & + \beta_{kl1} \ln(K_i) \ln(L_i) \\ & + \beta_{k2} \text{Electroplav} * \ln(K_i) + \beta_{l2} \text{Electroplav} * \ln(L_i) \\ & + \beta_{kk2} \text{Electroplav} * \ln(K_i)^2 + \beta_{ll2} \text{Electroplav} * \ln(L_i)^2 \\ & + \beta_{kl2} \text{Electroplav} * \ln(K_i) \ln(L_i) + \varepsilon_i \end{aligned} \quad (15)$$

Оценки данного уравнения методом МНК, в моделях с фиксированными и случайными эффектами представлено в таблице 29.

Таблица 29 – Результаты оценки транслогарифмической производственной функции металлургических предприятий

Модель:	(Pooled)	(Fixed effect)	(Random Effect)	(Pooled)	(Fixed effect)	(Random Effect)
Переменные:	Зависимая переменная: логарифм выпуска в тоннах					
Логарифм основных фондов в тыс долл	-2.209*** (0.308)	-0.619* (0.327)	-0.940*** (0.318)	-1.437** (0.603)	-0.290 (0.508)	-0.542 (0.524)
Логарифм численности персонала	2.626*** (0.426)	4.381*** (0.398)	3.367*** (0.358)	2.418*** (0.481)	3.575*** (0.490)	3.097*** (0.462)
Квадрат логарифма основных фондов в тыс долл	0.171*** (0.0192)	0.0908*** (0.0170)	0.109*** (0.0170)	0.126*** (0.0305)	0.0791*** (0.0258)	0.0979*** (0.0264)
Квадрат логарифма численности персонала	0.00655 (0.0215)	-0.129*** (0.0249)	-0.0547*** (0.0211)	-0.0167 (0.0289)	-0.0271 (0.0277)	0.0106 (0.0262)
Логарифм капитала*логарифм численности персонала	-0.190*** (0.0301)	-0.180*** (0.0244)	-0.178*** (0.0228)	-0.145*** (0.0280)	-0.191*** (0.0308)	-0.202*** (0.0297)
Индикатор электроплавильной технологии (electroplav)				5.860* (3.410)	5.563 (3.370)	6.788** (3.376)
Electroplav *Логарифм основных фондов в тыс долл				-0.926 (0.707)	-0.137 (0.619)	-0.0515 (0.620)
Electroplav *Логарифм численности персонала				0.0703 (0.781)	-0.433 (0.650)	-1.091* (0.616)
Electroplav * Квадрат логарифма основных фондов				0.0703* (0.0396)	-0.0139 (0.0319)	-0.0157 (0.0321)

Electroplav * Квадрат логарифма численности персонала				0.106*** (0.0366)	-0.0615 (0.0407)	-0.00106 (0.0373)
Electroplav * Логарифм капитала*логарифм численности персонала				-0.125** (0.0486)	0.0638 (0.0438)	0.0558 (0.0423)
Константа	4.659*** (1.558)	-8.591*** (1.773)	-4.529*** (1.701)	0.378 (2.937)	-10.50*** (2.750)	-7.880*** (2.828)
Число наблюдений	276	276	276	276	276	276
R-квадрат	0.736	0.548		0.780	0.662	
Число предприятий / групп в выборке		34	34		34	34

Источник: составлено на основе расчетов авторов

Результаты, приведенные в таблице 29 показывают значимость коэффициентов нелинейных компонентов в модели (15). В частности, положительный знак коэффициента β_{kk} может свидетельствовать о возрастающей отдаче от объема используемого капитала. Данный вывод распространяется на все предприятия выборки. В тоже время результаты показывают отсутствие специфических нелинейных связей между факторами и выпуском, характерных для предприятий, использующих электроплавильную технологию (коэффициента в правой нижней части таблицы на произведениях квадратов факторов с индикатором технологии).

Далее оценивалось какие факторы влияют на решение фирмы о переходе на новую технологию. Гипотеза состояла в том, что предприятия, входящие в состав крупных финансово-промышленных групп, будут ориентированы на технологическое перевооружение, соответственно вероятность перехода на новую технологию для них будет выше. С этой целью была построена переменная бинарный индикатор, фиксирующая статус предприятия (принадлежность к финансово-промышленной группе). Также оценивалась связь вероятности перехода на новую технологию с пространственным расположением предприятия. Оценивалась гипотеза, что при прочих равных стимулы к освоению новой технологии будут выше у предприятий, ориентированных на экспорт. В качестве прокси для данной переменной рассматривалось расстояние до ближайшего крупного порта Балтийского, Черноморского и Дальневосточного бассейнов, дополнительно в качестве контрольных переменных включались координаты предприятия (широта и долгота).

Оценивалось следующее уравнение регрессии:

$$Electroplav_{i,t+1} = \alpha + \beta_1 capital\ labor\ ratio_{it} + \beta_2 group_{it} + \beta_3 port_dist_i + \varepsilon_i \quad (16)$$

где $Electroplav_{i,t+1}$ – индикатор, принимающий значение 1 если предприятие перешло на новую технологию в году, следующим за годом наблюдения, $capital\ labor\ ratio_{it}$ – капиталовооруженность предприятия, $group_{it}$ – индикатор принадлежности к финансово промышленной группе, $port_dist_i$ – расстояние до ближайшего крупного морского порта.

Таблица 30 - Детерминанты перехода к электроплавильной технологии металлургических предприятий

Модель	(Pooled)	(Pooled)	(Pooled)	(Pooled)
Переменные	Зависимая переменная: индикатор перехода на новую технологию в году следующим за годом наблюдения			
Капиталовооруженность предприятия	-0.000003*** (0.00000)	-0.000003*** (0.00000)	-0.000002*** (0.00000)	-0.000002*** (0.00000)
Принадлежность к ФПГ		0.159*** (0.0523)	0.188*** (0.0524)	0.198*** (0.0552)
Расстояние до ближайшего морского порта			-0.0001*** (0.0000)	-0.0001 (0.0000)
Долгота				0.00121 (0.00121)
Широта				-0.0158** (0.00785)
Константа	0.720*** (0.0270)	0.649*** (0.0386)	0.745*** (0.0545)	1.493*** (0.405)
Число наблюдений	283	283	283	283
R-квадрат	0.011	0.042	0.066	0.088

Примечание: в скобках указаны робастные стандартные ошибки коэффициентов; *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

Источник: расчеты автора

Результаты анализа (см. таблицу 30) показывают, что принадлежность к финансово промышленной группе является важной детерминантой решения фирмы о переходе на новую технологию (вероятность перехода к новой технологии предприятий ФПГ возрастает на 20%). Также существует статистически значимая связь между переходом к новой технологии и пространственным расположением предприятия: расстояние до ближайшего морского порта имеет отрицательную связь с вероятностью перехода на новую технологию (статистическая значимость коэффициента исчезает при включении в регрессию долготы и широты, поскольку данные переменные в целом несут в себя схожую информацию, что и расстояние).

В целом полученные результаты демонстрируют, что внедрение новых сталеплавильных технологий в металлургической отрасли привело к существенному росту общей факторной производительности, причем количественное значение оцененного коэффициента согласуется с результатами схожих работ (Т. Nakamura, Н. Ohashi, 2008) [128]. Для решения проблемы эндогенности использовались методы панельной регрессии с фиксированными эффектами и метод контрольной функции: полученные результаты для различных методов согласуются между собой.

Полученные результаты также показывают статистически значимые различия в параметрах производственной функции у предприятий, использующих электроплавильную и мартеновскую технологию: у электроплавильных предприятий ниже отдача от труда (результаты статистически значимы в моделях с фиксированными и случайными эффектами, при этом коэффициенты сохраняют свой знак во всех моделях, см. таблицу 28).

Выявленные различия в параметрах производственных функций (более трудоемкая технология для предприятий, использующих мартеновскую технологию) также согласуются с результатами других работ, исследующих влияние перехода к более прогрессивной технологии на факторные эластичности выпуска (см, например, Collard-Wexler A., De Loecker J., 2015) [129]. При этом не подтвердилась гипотеза о наличии значимых различий в нелинейных связях производственных факторов и выпуска для предприятий, использующих различные технологии (см. таблицу 29).

Анализ факторов, влияющих на вероятность перехода к новой технологии в целом подтвердил сформулированные гипотезы: процесс консолидации активов металлургической отрасли, их объединения в под управлением холдинговой компании в 2000-х гг. сопровождался технологическим переоснащением производства, строительством новых мощностей. Также полученные результаты могут служить отправной точкой в анализе связей между пространственным расположением предприятия и его инвестиционной и технологической стратегиями, ориентацией на экспорт и др. Текущие результаты показывают, что предприятия, расположенные к крупным портам и соответственно имеющим меньшие издержки доступа на мировой рынок, характеризуются более высокой вероятностью перехода к более производительной технологии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На настоящем этапе развития российская экономика начинает выходить из стагнации, но для обеспечения устойчивого экономического роста и попадания в пятерку крупнейших экономик мира необходима не только макроэкономическая стабилизация, но и ускоренное технологическое развитие, включение в экономику новой технологической революции, происходящей в мире. Вопрос идентификации благоприятных необходимых и достаточных условий продуктовой трансформации и их реализации посредством мер промышленной политики в настоящее время является одним из наиболее актуальных не только для российской экономики, столкнувшейся с неблагоприятными внешними шоками и ограничениями со стороны спроса и предложения, но и для развитых стран, которым необходимо обеспечение конкурентоспособности их продукции на мировых рынках в целом. Поэтому изучение мирового опыта промышленных революций, анализ теоретических исследований по факторам, влияющим на решения компаний о внедрении новых технологий, механизмов влияния технологических шоков на производственные функции отраслей экономики, анализ и систематизация моделей продуктовой трансформации, разработка практических рекомендаций по проведению промышленной политики с учетом роли государственных и институциональных факторов в условиях нового технологического уклада является крайне актуальной задачей в российских условиях. В рамках проведенной работы был проверен ряд гипотез о влиянии новых технологий на производительность и производственные функции российских компаний, а также :

- Проведен анализ мирового опыта промышленных революций в развитых и развивающихся странах;
- Проведен обзор существующих теоретических моделей оценки влияния технологических шоков на производительность и производственную функцию;
- Систематизированы и проанализированы теоретические и эмпирические исследования по моделям внедрения новых технологий;
- Проведен обзор существующих эмпирических подходов к оценке влияния технологических шоков на производительность и производственную функцию;
- Систематизированы каналы влияния внедрения новых технологий на производительность и производственные функции, рассмотренные в существующих эмпирических исследованиях.
- Анализ кейсовых примеров ключевых производственных технологий и их влияния на процесс умного производства;

– Количественный анализ каналов влияния технологических шоков на производственные функции промышленных отраслей в России. В рамках работы была проведена количественная оценка влияния сухого способа производства на производительность и производственные функции российских цементных компаний, а также влияние на производительность и производственные функции отказа от мартеновских печей и перехода на использование кислородных конвертеров и электродуговых печей российских металлургических компаний.

Анализ промышленных революций показал, что процесс индустриализации в развивающихся странах и в России шел с заметным запозданием по сравнению с развитыми странами. Четвертая промышленная революция, которая разворачивается на наших глазах за счет активного развития роботизации и цифровизации производственных и управленческих процессов показывает еще только первые плоды (особенно в развитых и развивающихся странах), однако уже заметны тренды коренного преобразования каркаса не только отдельных отраслей, но и экономики в целом, а также преобразования домашнего быта, городской инфраструктуры, транспортных систем, здравоохранения и иных областей на основе «умных технологий». Достигнутые результаты видны уже сейчас, как в плане повышения комфорта потребителей, так и в рамках снижения себестоимости и изменения производственных функций, отказа от устаревших методов и процессов, при этом данные результаты могут быть значительно улучшены после распространения «умных» технологий уже не в рамках отдельных предприятий, но в масштабах целых отраслей.

Поэтому помимо вышеперечисленных мер поддержки это влечет за собой необходимость осуществления дополнительных мер, направленных на снижение административных барьеров к внедрению умных технологий, модернизацию системы технического регулирования, системы стандартизации и сертификации, создание инфраструктуры и системы регулирования цифровой экономики, и мер по привлечению прямых иностранных инвестиций, по стимулированию технологического обмена с зарубежными компаниями для привлечения ноу-хау, новых технологических решений из-за рубежа.

Обзор теоретических моделей во второй главе показал, что основными факторами, влияющими на решение о внедрении новых технологий, являются срок окупаемости проекта, стоимость нового оборудования, структура рынка, ожидания относительно будущих технологических изменений, наличие экстерналий, издержки на исследования и разработки, ожидания относительно динамики стоимости технологического переоснащения цен на новое оборудование в будущем. Это обуславливает интенсификацию использования таких мер государственной поддержки, как субсидирование покупки нового

оборудования, стимулирование обновления основных средств, субсидирование долгосрочных кредитов на технологическое перевооружение компаний и финансовая поддержка технологического развития компаний-первопроходцев, венчурное финансирование инновационных проектов.

Для анализа влияния внедрения новых технологий на производственные функции в рамках проведенного исследования были детально проанализированы результаты внедрения новых технологий в следующих отраслях:

- переход на сухой способ производства в российской цементной отрасли;
- внедрение электродуговых печей в металлургии (вместо устаревших мартеновских).

Среди основных результатов эмпирического анализа можно выделить следующие:

1 Переход отечественных цементных компаний на сухой способ производства привел при прочих равных к росту СФП на 47%. Кроме того, чем больше величина основных средств компании, тем большее влияние оказывает переход на сухой способ производства на СФП.

2 При этом возраст компании не оказывает статистически значимого влияния на то, как сильно меняется СФП при внедрение нового способа производства, несмотря на то, что можно было бы ожидать более существенного роста СФП для более «молодых» компаний, поскольку они с меньшей вероятностью достигли своей максимальной производительности.

3 Внедрение сухого способа производства цемента привело к изменению производственной функции отечественных цементных заводов на агрегированном уровне. Одним из основных изменений стало снижение материалоемкости производства – в среднем на 16% в рамках года после перехода на новую технологию.

4 Предприятия металлургической отрасли, перешедшие на новую технологию плавки, демонстрируют прирост совокупной факторной производительности в среднем в диапазоне от 25 до 42%, что согласуется с имеющимися в литературе оценками.

5 Имеют место статистически значимые различия в параметрах производственной функции у предприятий, использующих электроплавильную и мартеновскую технологию: у электроплавильных предприятий ниже отдача от труда (трудоемкость новой технологии ниже, а капиталоемкость выше). Такой результат обуславливает необходимость мер по поддержке занятости, переобучению рабочей силы ввиду снижения трудоемкости производства и повышению требований к квалификации трудового персонала. В то же время непараметрическое тестирование показало, что можно говорить не только об изменении параметров исходной производственной функции, но и

об изменении ее функциональной формы. Так, результаты показывают статистическую значимость нелинейных элементов производственной функции (в частности, положительный знак при квадрате показателя основных фондов свидетельствует о возникновении положительной отдачи от масштаба после перехода на новую технологию). Вместе с тем статистически значимых нелинейных перекрестных взаимосвязей между факторами производства не выявлено.

Принадлежность к финансово-промышленной группе компаний является важной детерминантой решения фирмы о переходе на новую технологию (вероятность перехода к новой технологии таких предприятий возрастает на 20%).

ЛИТЕРАТУРА

1 Prisecaru P., "Challenges of the fourth industrial revolution ," *Knowledge Horizons. Economics*, Vol. 8, No. 1, 2016. P. 57.

2 Булдыгин С. С., "Концепция промышленной революции: от появления до наших дней ," *Вестник Томского государственного университета*, No. 420, 2017.

3 Toynbee A. et al. *Lectures on the industrial revolution in England*. Dodo Press, 1884.

4 Манту П. Промышленная революция XVIII столетия в Англии. 1937.

5 Clark G. The Industrial Revolution // In: *Handbook of Economic Growth*, Volume 2A / Ed. by Durlauf S. A.P. North Holland, 2014. pp. 217-262.

6 Allen R.C., "Why the industrial revolution was British: commerce, induced invention, and the scientific revolution," *The Economic History Review*, Vol. 64, No. 2, 2011. pp. 357-384.

7 Crafts N., "Productivity growth in the industrial revolution: A new growth accounting perspective," *The Journal of Economic History*, Vol. 64, No. 2, 2004. pp. 521-535.

8 Crafts N.F.R., "Industrial Revolution in England and France: Some Thoughts on the Question, "Why was England First?"," *The Economic History Review*, Vol. 30, No. 3, 1977. pp. 429-441.

9 Henderson W. O. *Industrial Revolution on the Continent: Germany, France, Russia 1800-1914*. Routledge, 2013.

10 Thomson R. *Structures of change in the mechanical age: Technological innovation in the United States, 1790–1865*. JHU Press, 2009.

11 Atkeson A., Kehoe P.J., "The transition to a new economy after the second industrial revolution," *National Bureau of Economic Research*, No. w8676, 2001.

12 Japanese Industrial Policy: the postwar record and the case of supercomputers // In: *Competing Economies: America, Europe and the Pacific Rim* / Ed. by Assessment. U.S.C.O.O.T. US Government Printing Office, 1991. pp. 239-295.

13 Kim S., "The Korean system of innovation and the semiconductor industry: A governance perspective," *Industrial and corporate change*, Vol. 7, No. 2, 1998. pp. 275-309.

14 Harvie C., Pahlavani M., "Sources of economic growth in South Korea: an application of the ARDL analysis in the presence of structural breaks–1980-2005," 2006.

15 SCHROEDER W., "Germany's Industry 4.0 strategy," 2016.

- 16 Kurfuss T., "Industry 4.0: Manufacturing in the United States," *Bridges*, Vol. 42,
2014.
- 17 Hoppe H.C., "The timing of new technology adoption: theoretical models and
empirical evidence," *The Manchester School*, Vol. 70, No. 1, 2002. pp. 56-76.
- 18 Stoneman P., Ireland N.J., "The role of supply factors in the diffusion of new process
technology," *The Economic Journal*, Vol. 93, 1983. pp. 66-78.
- 19 Farrell J., Saloner G., "Standardization, compatibility, and innovation ," *the RAND*
Journal of Economics, 1985. pp. 70-83.
- 20 Ireland N., Stoneman P. , "Technological diffusion, expectations and welfare,"
Oxford Economic Papers, Vol. 38, No. 2, 1986. pp. 283-304.
- 21 Jovanovic B., Lach S., "Entry, exit, and diffusion with learning by doing," *The*
American Economic Review, 1989. pp. 690-699.
- 22 Chari V.V., Hopenhayn H., "Vintage human capital, growth, and the diffusion of new
technology," *Journal of political Economy*, Vol. 99, No. 6, 1991. pp. 1142-1165.
- 23 Götz G., "Monopolistic competition and the diffusion of new technology," *The rand*
journal of economics, 1999. pp. 679-693.
- 24 Reinganum J.F. , "On the diffusion of new technology: A game theoretic approach,"
The Review of Economic Studies, Vol. 48, No. 3, 1981. pp. 395-405.
- 25 Reinganum J.F., "Market structure and the diffusion of new technology," *The Bell*
Journal of Economics, 1981. pp. 618-624.
- 26 Fudenberg D., Tirole J., "Preemption and rent equalization in the adoption of new
technology," *The Review of Economic Studies*, Vol. 52, No. 3, 1985. pp. 383-401.
- 27 Hendricks K., "Reputations in the adoption of a new technology ," *International*
Journal of Industrial Organization, Vol. 10, No. 4, 1992. pp. 663-677.
- 28 Riordan M.H., Salant D.J., "Preemptive adoptions of an emerging technology," *The*
journal of industrial economics, 1994. pp. 247-261.
- 29 Dutta P.K., Lach S., Rustichini A., "Better late than early: Vertical differentiation in
the adoption of a new technology," *Journal of Economics & Management Strategy*, Vol. 4,
No. 4, 1995. pp. 563-589.
- 30 Hoppe H.C., Lehmann-Grube U., "Second-mover advantages in dynamic quality
competition," *Journal of Economics & Management Strategy*, Vol. 10, No. 3, 2001. pp. 419-
433.

- 31 Hoppe H.C., Lehmann-Grube U., "Second-mover advantages in technological
competition," 2001.
- 32 Jensen R., "Adoption and diffusion of an innovation under uncertain profitability,"
Journal of economic theory, Vol. 27, No. 1, 1982. pp. 182-199.
- 33 Jensen R., "Information cost and innovation adoption policies ," *Management
Science*, Vol. 34, No. 2, 1988. pp. 230-239.
- 34 Jensen R., "Information capacity and innovation adoption ," *International Journal of
Industrial Organization*, Vol. 6, No. 3, 1988. pp. 335-350.
- 35 Balcer Y., Lippman S.A., "Technological expectations and adoption of improved
technology," *Journal of Economic Theory*, Vol. 34, No. 2, 1984. pp. 292-318.
- 36 Bhattacharya S., Chatterjee K., Samuelson L., "Sequential research and the adoption
of innovations," *Oxford Economic Papers*, Vol. 38, 1986. pp. 219-243.
- 37 Chatterjee R.A., Eliashberg J., "The innovation diffusion process in a heterogeneous
population: A micromodeling approach ," *Management science*, Vol. 36, No. 9, 1990. pp.
1057-1079.
- 38 Weiss A.M., "The effects of expectations on technology adoption: some empirical
evidence," *The Journal of Industrial Economics*, 1994. pp. 341-360.
- 39 Kapur S., "Technological diffusion with social learning," *The Journal of Industrial
Economics*, 1995. pp. 173-195.
- 40 Farzin Y.H., Huisman K.J. M., Kort P.M., "Optimal timing of technology adoption,"
Journal of Economic Dynamics and Control, Vol. 22, No. 5, 1998. pp. 779-799.
- 41 Vettas N., "Demand and supply in new markets: diffusion with bilateral learning,"
The RAND Journal of Economics, 1998. pp. 215-233.
- 42 Doraszelski U., "The net present value method versus the option value of waiting: A
note on Farzin, Huisman and Kort (1998) ," *Journal of Economic Dynamics and Control*,
Vol. 25, No. 8, 2001. pp. 1109-1115.
- 43 Doraszelski U., "Innovations, improvements, and the optimal adoption of new
technologies," *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol. 28, No. 7, 2004. pp. 1461-
1480.
- 44 Thijssen J.J.J. et al., "Investment under vanishing uncertainty due to information
arriving over time," *Tilburg University*, Vol. 14, 2001.

Alvarez L.H.R., Stenbacka R., "Adoption of uncertain multi-stage technology
45 projects: a real options approach," *Journal of Mathematical Economics*, Vol. 35, No. 1, 2001.
pp. 71-97.

Jensen R., "Dynamic patent licensing," *International Journal of Industrial
46 Organization*, Vol. 10, No. 3, 1992. pp. 349-368.

Lippman S.A., Mamer J.W., "Preemptive innovation," *Journal of Economic Theory*,
47 Vol. 61, No. 1, 1993. pp. 104-119.

Stenbacka R., Tombak M.M., "Strategic timing of adoption of new technologies
48 under uncertainty," *International Journal of Industrial Organization*, Vol. 12, No. 3, 1994.
pp. 387-411.

Bergemann D., Välimäki J., "Market diffusion with two-sided learning," *The RAND
49 Journal of Economics*, 1997. pp. 773-795.

Boyer M. et al., "Industry development under alternative market structures," No.
50 98.497, 1998.

Décamps J.P. et al., "Irreversible investment and learning externalities," *Universite
51 des sciences sociales de Toulouse*, 2000.

Götz G., "Strategic timing of adoption of new technologies under uncertainty: A
52 note," *International Journal of Industrial Organization*, Vol. 18, No. 2, 2000. pp. 369-379.

Hoppe H.C., "Second-mover advantages in the strategic adoption of new technology
53 under uncertainty," *International journal of industrial organization*, Vol. 18, No. 2, 2000.
pp. 315-338.

Hoppe H.C., "A strategic search model of technology adoption and policy," *Industrial
54 Organization*, 2000. pp. 197-214.

Huisman K.J. M., Kort P.M., "Strategic technology adoption taking into account
55 future technological improvements: A real options approach," *European Journal of
Operational Research*, Vol. 159, No. 3, 2004. pp. 705-728.

Besley T., Case A., "Modeling technology adoption in developing countries," *The
56 American economic review*, Vol. 83, No. 2, 1993. pp. 396-402.

Collard-Wexler A., De Loecker J., "Reallocation and technology: Evidence from the
57 US steel industry," *American Economic Review*, Vol. 105, No. 1, 2015. pp. 131-171.

Van Biesebroeck J., "Productivity dynamics with technology choice: An application
58 to automobile assembly," *The Review of Economic Studies*, Vol. 70, No. 1, 2003. pp. 167-
198.

59 Шумпетер Й. Теория экономического развития Капитализм, социализм, демократия. Москва: Эксмо, 2007.

60 Lucke D., Constantinescu C., and Westkämper E. Manufacturing systems and technologies for the new frontier: the 41st CIRP conference on manufacturing systems // Smart factory – a step towards the next generation of manufacturing. Tokyo, Japan. 2008. pp. 115-118.

61 Porter E., Heppelmann E., "How smart, connected products are transforming competition," *Harvard Business Review*, No. 92, 2014. pp. 65-88.

62 Kusiak A., "Smart manufacturing," *Smart manufacturing, International Journal of*, Vol. 56, No. 1-2, 2018. pp. 508-517.

63 Smart Manufacturing Operations Planning and Control [Электронный ресурс] // National Institute of Standard and Technology, "Smart Manufacturing Operations Planning and Control": [сайт]. URL: http://www.nist.gov/el/msid/syseng/upload/FY2014_SMOPAC_ProgramPlan.pdf (дата обращения: 02.11.2018).

64 // Data Age 2025: The Evolution of Data to Life-Critical : [сайт]. [2017]. URL: <https://www.seagate.com/files/www-content/our-story/trends/files/Seagate-WP-DataAge2025-March-2017.pdf> (дата обращения: 2.11.2018).

65 Княгинин В.Н. и др., "Новая технологическая революция: вызовы и возможности для России," Центр стратегических разработок, 2017.

66 Куприяновский В.П., Намиот Д.Е., and Синягов С.А., "Киберфизические системы как основа цифровой экономики," *International Journal of Open Information Technologies*, Vol. 4, No. 2, 2016. pp. 18-25.

67 Kang H.S., Lee J.Y., Choi S., Kim H., Park J.H., Son J.Y., Kim B.H., and Noh , "Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions," *Int. J. of Precis. Eng. and Manuf.-Green Tech.*, Vol. 3, No. 1, 2016. pp. 111–128.

68 Княгинин, В.Н. «Умные» среды, «умные» системы, «умные» производства: Промышленный и технологический форсайт Российской Федерации на долгосрочную перспективу. CSR North-West, 2013.

69 Hollands R.G., "Will The Real Smart City Please Stand Up? Intelligent, Progressive, or Entrepreneurial?," *City*, Vol. 12, No. 3, 2008. pp. 303–320.

70 // Цифровая экономика: [сайт]. [2018]. URL: <https://www.comnews.ru/digital-economy/content/111757/news/2018-02-09/rosteh-vnedryaet-umnoe-osveshchenie> (дата обращения: 2.11.2018).

Tamura K., Hirayama. Toward realization of VICS— vehicle information and
71 communications system // Proceedings of the IEEE-IEE Vehicle Navigation and Informations
Systems Conference. 1993. pp. 72-77.

Kanoshima K., Hatakenaka H. Development of next-generation road services by
72 public and private joint // 8th International Conference on ITS Telecommunications. 2008.

Arnaoutis A. EasyWay Project. An overview. 2009. URL: [https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/infrastructure/events/doc/](https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/infrastructure/events/doc/2009_06_26_easy_way_project_arnaoutis.pdf)
73 [2009_06_26_easy_way_project_arnaoutis.pdf](https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/infrastructure/events/doc/2009_06_26_easy_way_project_arnaoutis.pdf) (дата обращения: 2.11.2018).

// Официальный сайт Мэра Москвы: [сайт]. URL: [https://www.mos.ru/news/item/](https://www.mos.ru/news/item/31916073/)
74 [31916073/](https://www.mos.ru/news/item/31916073/) (дата обращения: 2.11.2018).

Perkins G., Murmann J., "What Does the Success of Tesla Mean for the Future
75 Dynamics in the Global Automobile Sector?," *Management and Organization Review*, Vol.
14, No. 3, 2018. pp. 471-480.

// ПАО Ростех: [сайт]. URL: [https://rostec.ru/innovations/projects/vrt300-pervyy-](https://rostec.ru/innovations/projects/vrt300-pervyy-rossiyskiy-bespilotnyy-vertolet-dlya-grazhdanskogo-rynka/)
76 [rossiyskiy-bespilotnyy-vertolet-dlya-grazhdanskogo-rynka/](https://rostec.ru/innovations/projects/vrt300-pervyy-rossiyskiy-bespilotnyy-vertolet-dlya-grazhdanskogo-rynka/) (дата обращения: 2.11.2018).

Little A. Airport digital transformation From operational performance to strategic
77 opportunity URL: [https://amadeus.com/documents/en/airports/research-report/airports-](https://amadeus.com/documents/en/airports/research-report/airports-digital-transformation.pdf)
[digital-transformation.pdf](https://amadeus.com/documents/en/airports/research-report/airports-digital-transformation.pdf) (дата обращения: 2.11.2018).

// Материалы конференции Цифровая индустрия промышленной России 2018:
78 [сайт]. [2018]. URL: https://cipr.ru/wp-content/uploads/2018/06/Veb_izdanie.pdf (дата
обращения: 2.11.2018).

HANS MICHAEL KRAUSE. Turning ideas into reality the journey of one leading
79 manufacturer into the industrial IOT // Manufacture 2017. URL: [http://manufuture2017.eu/](http://manufuture2017.eu/wp-content/uploads/2017/10/pdf-Hans-Michael-Krause.pdf)
[wp-content/uploads/2017/10/pdf-Hans-Michael-Krause.pdf](http://manufuture2017.eu/wp-content/uploads/2017/10/pdf-Hans-Michael-Krause.pdf)

PWC, "Digital factories 2020: Shaping the future of manufacturing," 2017. [Online].
80 [https://www.kantaremnid.de/studien/pdf/pwc-digital-factories-2020-shaping-the-future-of-](https://www.kantaremnid.de/studien/pdf/pwc-digital-factories-2020-shaping-the-future-of-manufacturing.pdf)
[manufacturing.pdf](https://www.kantaremnid.de/studien/pdf/pwc-digital-factories-2020-shaping-the-future-of-manufacturing.pdf)

// The Digital Enterprise EWA – Electronics Works Amberg: [сайт]. [2017]. URL:
81 [https://bawue.vdma.org/documents/4214230/20960337/](https://bawue.vdma.org/documents/4214230/20960337/Siemens%20Digital%20Enterprise%20EWA_1507187944145.PDF/2ea3080c-855c-45c0-891f-b6743e675373)
[Siemens%20Digital%20Enterprise%20EWA_1507187944145.PDF/2ea3080c-855c-45c0-](https://bawue.vdma.org/documents/4214230/20960337/Siemens%20Digital%20Enterprise%20EWA_1507187944145.PDF/2ea3080c-855c-45c0-891f-b6743e675373)
[891f-b6743e675373](https://bawue.vdma.org/documents/4214230/20960337/Siemens%20Digital%20Enterprise%20EWA_1507187944145.PDF/2ea3080c-855c-45c0-891f-b6743e675373) (дата обращения: 2.11.2018).

// Индустриальная революция 4.0. Доклад PWC, Ю.Пука: [сайт]. [2017]. URL:
82 <https://www.pwc.ru/ru/assets/pdf/industry-4-0-pwc.pdf> (дата обращения: 2.11.2018).

83 Грингард, Сэмюэл. Интернет вещей: будущее уже здесь. Альпина Паблишер,
2016.

Five smart factories – and what you can learn from them // Internet of business. 2018.
84 URL: <https://internetofbusiness.com/success-stories-five-companies-smart-factories-can-learn/>

Hirotec: From smart manufacturing to smart factory - to smart enterprise // PTC.
85 URL: https://www.ptc.com/-/media/Files/PDFs/Case-Studies/CS_Hirotec_smart-manufacturing-factory-enterprise_EN.ashx?la=en&hash=8C1380DD73C2B5D8DEAC57C2A9EDCB62

HP Inc. SMARC: A playground for engineering and analytics // Economic
86 Development Board. 2018. URL: <https://www.edb.gov.sg/en/news-and-resources/insights/innovation/hp-inc-smarc-a-playground-for-engineering-and-analytics.html>

ИТС 6-2015 Производство цемента // Электронный фонд правовой и
87 нормативно-технической документации. 2016. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200128666>

Маляренко Е. В России остановили последнюю крупнейшую мартеновскую
88 печь // РБК. 2018. URL: <https://www.rbc.ru/business/23/03/2018/5ab4e28c9a7947f5e7442491>

ОАО «ИНПЦ ТЛП». Инновации в области технического текстиля // РСПП.
89 URL: <http://media.rspp.ru/document/1/d/b/dbd8045b02116f524d449f2fd29401e6.pdf>

Многостадийный гидравлический разрыв пласта (МГРП) // Neftegaz.RU. URL:
90 https://neftegaz.ru/tech_library/view/5038-Mnogostadiynyj-gidravlicheskiy-razryv-plasta-MGRP

// Сколково. Конференция "Точное земледелие": [сайт]. URL: <https://sk.ru/news/b/articles/archive/2018/02/21/iz-polya--v-ofis-v-skolkovo-proshla-konferenciya-tochnoe-zemledelie.aspx> (дата обращения: 2.11.2018).

Михайлова О. РЕВОЛЮЦИЯ В ДЕЙСТВИИ: ПЕРЕХОД К «ИНДУСТРИИ 4.0»
92 // Управление производство. 2016. URL: <http://www.up-pro.ru/library/strategy/management/dejstvie-industriya.html>

Труфляк Е. Мониторинг и прогнозирование научно-технологического развития
93 АПК: технологии точного сельского хозяйства // Конференция Сколково "Точное земледелие". 2018.

94 // Официальный сайт компании "АвтоГРАФ": [сайт]. URL: <https://glonassgps.com/sistemy-parallelnogo-vozhdenia> (дата обращения: 2.11.2018).

Семизоров С. Научно-практическое применение системы точного земледелия
95 НК "Агронавигатор Плюс" при возделывании с/х культур // Конференция Сколково
"Точное земледелие". 2018.

96 // Материал Министерства сельского хозяйства Российской Федерации: [сайт].
URL: <http://mcx-dm.ru/about/news/356> (дата обращения: 2.11.2018).

97 // Электронные карты полей: [сайт]. URL: https://www.geomir.ru/pg_publications7.html (дата обращения: 2.11.2018).

// Электронные карты полей стали доступнее с помощью «АгроУправления».:
98 [сайт]. URL: <http://mcx-consult.ru/elektronnye-karty-poley-stali-dostu> (дата обращения:
2.11.2018).

// Революция в действии: Переход к Индустрии 4.0: [сайт]. [2016]. URL: <http://www.up-pro.ru/library/strategy/management/dejstvie-industriya.html> (дата обращения:
99 2.11.2018).

Lin C.C., Yang C.H., and Shyua J., "A comparison of innovation policy in the smart
100 grid industry across the pacific: China and the USA," *Energy Policy*, Vol. 57, 2013. pp. 119-
132.

// Потери энергии после внедрения "умных" счетчиков в регионах снизились на
10-30%: [сайт]. [2017]. URL: <https://energybase.ru/news/articles/obzor-poteri-energii-posle-vnedrenia-umnyh-scetcikov-v-regionah-snizilis-2017-05-04> (дата обращения:
101 2.11.2018).

// Законопроект "О внесении изменений в отдельные законодательные акты
102 Российской Федерации в связи с развитием систем учета электрической энергии
(мощности) в Российской Федерации": [сайт]. URL: <http://sozd.parliament.gov.ru/bill/139989-7> (дата обращения: 2.11.2018).

Kusiak A. Share data on wind energy 2016. URL: https://www.nature.com/polopoly_fs/1.19104!/menu/main/topColumns/topLeftColumn/pdf/529019a.pdf (дата
103 обращения: 2.11.2018).

104 // Официальный сайт компании SAP: [сайт]. [2018]. URL: <https://news.sap.com/cis/2018/07/металлоинвест-трансформировал-бизнес/> (дата обращения: 2.11.2018).

Марков, Н. Г., "Геоинформационные системы предприятий нефтегазовой
105 отрасли: функциональность, архитектура и перспективы развития," *Известия
Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*, 2017.

// Что нужно изменить в российской газовой отрасли для ее развития.
106 Тематическое приложение.: [сайт]. [2017]. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3280997> (дата обращения: 2.11.2018).

// Пять версий цифрового месторождения. Нефтегазовая вертикаль: [сайт].
107 [2018]. URL: http://www.ngv.ru/news/pyat_versiy_tsifrovogo_mestorozhdeniya/ (дата
обращения: 2.11.2018).

// Приложение к журналу "Сибирская нефть": [сайт]. URL: [http://www.gazprom-
108 neft.ru/files/journal/SNp117.pdf](http://www.gazprom-neft.ru/files/journal/SNp117.pdf) (дата обращения: 2.11.2018).

// ПАО "Газпром Нефть": [сайт]. URL: [http://www.gazprom-neft.ru/press-center/
109 news/1103440/](http://www.gazprom-neft.ru/press-center/news/1103440/) (дата обращения: 2.11.2018).

Мода на роботов-рекрутеров охватила крупные российские компании //
110 Ведомости. 2018. URL: [https://www.vedomosti.ru/management/articles/2018/02/14/
750906-moda-na-robotov-rekruterov](https://www.vedomosti.ru/management/articles/2018/02/14/750906-moda-na-robotov-rekruterov) (дата обращения: 2.11.2018).

// Stafor: [сайт]. URL: <https://robotvera.com/static/newrobot/index.html> (дата
111 обращения: 2.11.2018).

// Рекрутер с железной хваткой: как роботы ищут и нанимают людей: [сайт].
112 [2017]. URL: https://www.rbc.ru/own_business/19/06/2017/59439a489a7947949e6db9fb
(дата обращения: 2.11.2018).

Лебедев В. Блокада прорвана // Эксперт. 2010. URL: [http://expert.ru/expert/2010/
113 48/blokada-prorvana/](http://expert.ru/expert/2010/48/blokada-prorvana/)

114 Конец мартеновской эпохи // АО "БМЗ". URL: <https://omk.ru/vmz/smi/17089/>

Buonanno G., Faverio , Pigni , Ravarini A., Sciuto , and Tagliavini , "Factors affecting
115 ERP system adoption: A comparative," *Journal of Enterprise Information Management*, Vol.
18, No. 4, 2005. pp. 384 - 426.

Müller J., Buliga O., and Voigt K.I., "Fortune favors the prepared: How SMEs
116 approach business model innovations in Industry 4.0," *Technological Forecasting & Social
Change*, No. 132, 2018. pp. 2-17.

Moeuf A., Pellerin R., Lamouri S., Tamayo-Giraldo S., and Barbaray R., "The
117 industrial management of SMEs in the era of," *International Journal of Production Research*,
Vol. 56, No. 3, 2018. pp. 1118–1136.

Роботы не приживаются на российских заводах // Ведомости. 2016. URL: <https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2016/11/14/664697-roboti-ne-prizhivayutsya> (дата обращения: 2.11.2018).

// Китай опоздал с отменой квот на экспорт редкоземельных металлов: [сайт]. URL: <https://ria.ru/economy/20150105/1041529381.html> (дата обращения: 2.11.2018).

Van Beveren, Ilke, "Total factor productivity estimation: A practical review," *Journal of economic surveys*, 2012. pp. 98-128.

Olley G.S., Pakes A., "The dynamics of productivity in the telecommunications equipment industry," *Econometrica*, Vol. 64, No. 6, November 1996. pp. 1263-1297.

Цементные заводы // Beton.ru. URL: <https://beton.ru/cemzavodi/?ftype=1>

Мистер дефицит Как работает цементная монополия Филарета Гальчева // Ведомости. Февраль 2008.

Ревинская Л.Ю., "Тенденции развития мировой и российской черной металлургии в кризисный период," *Финансы, денежное обращение и кредит*, Vol. 2, No. 123, 2015. pp. 72-77.

Проект стратегии развития металлургической отрасли до 2030 года // Министерство промышленности и торговли РФ. URL: <http://minpromtorg.gov.ru/common/upload/files/docs/Strategiya.docx> (дата обращения: 23.Октябрь.2018).

Deloitte. Обзор рынка черной металлургии // Deloitte. 2018. URL: <https://www2.deloitte.com/ru/ru/pages/research-center/articles/overview-of-steel-and-iron-market.html> (дата обращения: 23.Октябрь.2018).

Свенчанский А.Д., Смелянский М.Я.. Электрические промышленные печи. 1970.

Nakamura T., Ohashi H., "Effects of technology adoption on productivity and industry growth: A study of steel refining furnaces," *The Journal of Industrial Economics*, Vol. 56, No. 3, 2008. pp. 470-499.

A., Collard-Wexler; De Loecker, J., "Reallocation and Technology: Evidence from the US Steel Industry," *American Economic Review*, Vol. 1, No. 105, 2015. pp. 131–171.