

Раздел 8. УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

УДК 338.364.4

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
УПРАВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННЫМИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ СИСТЕМАМИ***Окороков Роман Васильевич (roman_okorokov@mail.ru)**Тимофеева Анна Анатольевна**Капралов Вячеслав Дмитриевич**ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»*

В статье рассматривается сущность и содержание концепции «Четвертой промышленной революции», широко использующей интеллектуально-коммуникационные технологии при управлении современными производственными системами. Представлены потенциальные экономические эффекты применения интеллектуальных технологий на отечественных предприятиях, показывающие необходимость ускоренного перехода к практической реализации новой промышленной инфраструктуры.

Ключевые слова: Четвертая промышленная революция, информационная экономика, интеллектуальные технологии, киберфизические производственные системы, потенциальные экономические эффекты.

Управление современными производственными системами сегодня все более связано с применением интеллектуально-коммуникационных технологий, под которыми понимается совокупность самоуправляющихся процессов сбора, обработки, представления, передачи и использования информации при принятии производственно-хозяйственных решений [1].

Интеллектуализация и информатизация средств производства в настоящее время являются главными направлениями в достижении устойчивых конкурентных преимуществ ведущих стран мира и повышения качества жизни их населения.

Необходимость постоянного совершенствования технологической базы отраслей мировой и национальных экономик определяется сменами экономических (технологических) укладов организации хозяйственной деятельности человеческой цивилизации, требующих соответствующих базовых и новых технологий для

производственных процессов в промышленности, в сфере услуг и в других секторах.

Россия, успешно справившись с развитием базовых технологий для индустриального технологического уклада, к сожалению, серьезно не подготовилась к последующему, информационному укладу, и может упустить возникающие при этом новые возможности интеллектуально-инновационного развития, если не будут приняты решительные меры по преодолению технологической отсталости.

В настоящее время по целому ряду показателей, в частности, по производительности труда Россия заметно отстает от развитых стран мира (табл. 1), что обусловлено преобладанием устаревших традиционных технологий, используемых в большинстве отраслей экономики, и сырьевой ориентацией развития в последние годы, что определяет, в конечном счете, низкую конкурентоспособность страны на мировых рынках товаров и услуг.

Таблица 1**Сравнительная производительность труда некоторых отраслей российской экономики [2]**

<i>Отрасли российской экономики</i>	<i>Сравнительная производительность труда</i>
По всей экономике, ВВП/число занятых	40,8% от Германии, 38,7% от Франции, 45% от США
Промышленность	42,7% от Германии, 44,6% от Франции
Высокотехнологичные отрасли машиностроения	20-30% от ведущих зарубежных компаний
Авиастроение: военное гражданское	33-40% от США и ЕС 7% от США и ЕС
Ракетно-космическая промышленность	3% от США, 12% от ЕС
Автомобилестроение	20-23% от ЕС
Электроэнергетика	15% от США
Металлургические компании	20-50% от ведущих зарубежных компаний
Цементная промышленность	15-20% от ведущих зарубежных компаний
Строительство	49% от Германии, 36% от Франции
Жилищное строительство	15% от США
Железнодорожный транспорт	10-12% от развитых стран
Розничная торговля	36% от США

По интегральному уровню технологического развития, публикуемому ежегодно в докладе Всемирного экономического форума (ВЭФ) и характеризующему способность экономики той или иной страны адаптировать существующие на рынке технологии для повышения продуктивности ее производственных систем, Россия занимает сегодня 59-е место из 144 стран, переместившись по сравнению с предыдущим годом на 5 пунктов вверх, располагаясь во вто-

рой трети списка, опережая при этом почти все страны СНГ и находясь на втором месте по уровню технологического развития среди стран БРИКС (табл. 2), свидетельствуя, тем не менее, о том, что российская экономика в настоящее время в целом имеет невысокий инновационный потенциал для повышения своей конкурентоспособности на рынках товаров и услуг.

Таблица 2

**Технологическая готовность как интегральная оценка технологического развития ряда стран мира и России (по данным ВЭФ-2015г.)
(составлено авторами по данным [3])**

<i>Страны</i>	<i>Место из 144 стран</i>
Великобритания	2
Германия	13
США	16
Франция	17
Япония	20
Канада	22
Италия	38
Бразилия	58
Россия	59
ЮАР	66
Китай	83
Индия	121

Активное проникновение интеллектуальных технологий в промышленность формирует сегодня основу для так называемой «Четвертой промышленной революции», когда высокотехнологичные сектора экономики сталкиваются с системой нового масштаба сложности – «Интернетом вещей», то есть сетью физических объектов со встроенной технологией взаимодействия между собой и окружающей средой, обеспечивающей возможность подключения заводов, отдельных цехов или производственных мощностей к сети Интернет с обратной связью с потребителем.

Известно, что в течение 18-20 вв. происходило формирование трёх основных технологических революций. В конце 18-го века в Великобритании началась первая промышленная революция, которая характеризовалась внедрением новых технологий, а также замещением человеческого труда трудом машин. Вторая промышленная революция была обозначена производством изделий для массового потребления. Третья промышленная революция – это эпоха использования электроники и информационных технологий в производственных процессах [4]. Сегодня человечество стоит на пороге развития «Четвёртой промышленной революции», основу концепции которой составляют активное внедрение в производство интеллектуальных систем, сокращение до минимума участия человека в производственных

процессах, а также создание «умного» производства.

Сетевое производственное оборудование, технологии для интеллектуальных энергосистем, инновационные методы производства, такие как 3D-печать и новые промышленные роботы, современные датчики, работающие совместно без участия персонала, IT-решения на базе автоматизации, изменяющие процессы на каждом заводе или фабрике – все это компоненты четвёртой промышленной революции. Сам потребитель в концепции «Четвёртой промышленной революции» будет определять для себя необходимость в том или ином товаре, который будет производиться на предприятии. Такой «мост» между потребителем и производителем (M2H, Machine to Human), а также между производственными мощностями (M2M, Machine to Machine) позволит создать глобальную логистическую систему и сократить издержки в цепочке создания стоимости между производителем и потребителем. Использование сетевых технологий для повышения индустриальной производительности ведет к созданию «Промышленного интернета вещей» – явления, основанного на применении технологий «Интернета вещей» в аспектах, свойственных только производственной среде [5].

Интеллектуальные предприятия будущего сформируют сети широкого охвата, объединяющие в интегрированные автоматические киберфизические системы (КФС) аппаратную

часть, логистические системы и технологическое оборудование, способные к автономному обмену информацией, иницированию необходимых действий и независимому контролю операций. Это облегчит внедрение инноваций в производственные и инженерно-конструкторские процессы, связанные с использованием передовых материалов, управлением цепочками поставок и жизненным циклом оборудования. «Умные» продукты, обладающие собственным уникальным идентификатором, могут быть в любой момент отслежены, знают свою историю, текущее состояние и альтернативные алгоритмы достижения цели. Встроенные системы производства вертикально связаны с бизнес-процессами на предприятиях и горизонтально – с распределенными сетями создания стоимости, которые могут управляться в реальном времени с момента размещения заказа и до логистики исходящих грузопотоков [5].

Концепция «Четвёртой промышленной революции» стимулирует создание новых способов формирования стоимости и организации бизнес-процессов. В частности, стартапы и малый бизнес получают возможность включаться в процессы разработки и предоставления услуг на стадиях производства и реализации продукции. Кроме того, появляется возможность решать ряд других актуальных глобальных задач, включая ресурсо- и энергоэффективность, эффекты агломерации, демографические сдвиги и др., способствуя повышению общей эффективности по всей технологической производственной цепочке.

По данным компаний General Electric, Bosch и Siemens технологии четвёртой промышленной революции уже сегодня находят применение в ряде секторов мировой экономики, создающих в сумме 32,3 трлн. долл. мирового ВВП, при этом к 2025 году эта цифра может составить 82 трлн. долл. Повсеместное же внедрение интеллектуальных технологий в промышленность может дать прирост мирового ВВП на 10-15 трлн. долл. через 20 лет [6].

Технологические сдвиги в промышленном секторе приводят к формированию национальных программ и концептуальных документов нового промышленного развития, отвечающих вызовам информационной (инновационной) экономики.

Одной из ключевых среди промышленных политик является стратегическая инициатива «Промышленность 4.0», реализуемая с 2013г. в Германии [7]. Существует ряд аналогичных инициатив стран Азии и США, распознавших тенденцию к внедрению «Интернета вещей» в промышленное производство и реализующих программы технологической перестройки производственного сектора на базе новых интеллектуальных технологий.

Реализация концепции «Четвертой промышленной революции» позволит существенно изменить технико-экономические характеристики интеллектуальных КФС и обеспечить высокую социально-экономическую эффективность их производственных процессов.

Сравнение параметров современного производства и производства на основе концепции «Четвертой промышленной революции» или «Промышленности 4.0» в зарубежной терминологии представлено в таблице 3.

Анализ условий реализации концепции «Четвертой промышленной революции» в России показывает, что в настоящее время активность государственных структур в этом направлении остается недостаточной. В России отсутствует стратегическое государственное видение данной концепции, нечетко определены механизмы ее формирования, а задачу интеллектуализации КФС пытаются сегодня решать лишь отдельные, наиболее крупные производственные компании. Такой путь развития КФС связан с высокими рисками и решением частных задач оптимизации корпоративных технологических и экономических эффектов от внедрения новых технологий. Кроме того, в будущем возрастают риски дополнительных инвестиций на обеспечение совместимости нового оборудования из-за несогласованных технических решений, сроков и масштабов внедрения отдельных типов оборудования и систем управления. Такое положение дел отличается от практики ведущих стран мира, где, как отмечалось выше, развитие четвертой промышленной революции является частью новой промышленной политики и сферой повышенного государственного внимания.

Следует также отметить, что необходимыми условиями постоянного процесса совершенствования технологической базы отечественной промышленности являются приоритетное развитие науки и образования в стране и коммерческое использование результатов фундаментальных и прикладных НИОКР.

В настоящее время в развитых странах мира до 90% роста ВВП обеспечивается благодаря инновациям и технологическому прогрессу, что позволяет им занимать лидирующие позиции на мировых рынках наукоемкой продукции (36% – США и 30% – Япония), в то время как доля России не превышает 1% [1].

Возможность использования инноваций и других результатов научно-технического прогресса определяется развитостью и качеством национальной инновационной системы (НИС) как совокупности государственных и частных организаций, разрабатывающих инновации и высокие интеллектуальные технологии, и способствующих их коммерциализации и распространению на рынках.

Сравнение современного производства и производства на основе концепции «Промышленность 4.0» [8]

	Современное производство			Производство на основе концепции «Промышленность 4.0»	
	Источник данных	Основные свойства	Ключевые технологии	Основные свойства	Ключевые технологии
Компонент	Датчик	Точность	Интеллектуальные датчики и обнаружение ошибок	Самосознание Самопрогнозирование	Контроль ухудшения состояния, прогнозирование остаточного срока службы
Машина	Блок управления	Способность к изготовлению и технические характеристики (качество и пропускная способность)	Контроль и диагностика на основе состояния	Самосознание Самопрогнозирование Самосравнение	Время работы с прогнозируемым контролем состояния
Производственная система	Включенная в сеть производственная система	Производительность и общая эффективность оборудования	Экономичная работа: сокращение трудовых затрат и уменьшение объема отходов	Самоконфигурация Самообслуживание Самоорганизация	Производительность при отсутствии проблем

Мощная структура НИС бывшего СССР за годы рыночных преобразований была серьезно подорвана, а новая находится в стадии становления вследствие недостаточного финансирования НИОКР в стране, а также его нерациональной структуры: доля затрат на финансирование НИОКР из средств государственного бюджета в течение 2000-2013гг. по данным Росстата составляла от 1,05% (2000г.) до 1,12% (2013г.) от ВВП страны; в то же время в эти годы страны, входящие в десятку наиболее конкурентоспособных, тратили на науку от 3,12% (Япония) до 4,27% (Швеция) своего ВВП. Структура затрат на финансирование НИОКР также существенно разная: если в развитых странах доля внутренних источников финансирования науки предприятий составляет до 70%, то в России она колебалась от 20,9% в 2009г. до 17,3% в 2013г.

НИС страны характеризуется и низкой производительностью: доля инноваций в продукции российских организаций на мировом рынке не превышает 0,3%, а их затраты на импорт новых технологий в 2013г. составили около 2,5 млрд долл. Россия в последние годы превратилась в импортера новых технологий из-за рубежа, в то время как передовые западные страны стали их экспортерами, среди которых – США, чистый доход от экспорта технологий только в 2010г. составил 28,74 млрд долл., Япония (2,06 млрд долл.), Швеция (2,04 млрд долл.), Франция (1,93 млрд долл.) и др. В мире в настоящее время сложился мощный рынок высокотехнологичной продукции, инноваций и объектов интеллектуальной собственности, на

котором Россия пока присутствует в основном в роли покупателя, платя за единичный объект сделок примерно в 1,5 раза дороже, чем продает аналогичный его вид [1].

В России сохраняется сеть академических и отраслевых научных и проектных институтов и организаций, занятых фундаментальными и прикладными исследованиями в сферах высоких технологий, потенциал которых при соответствующей государственной поддержке, по нашему мнению, способен обеспечить интеллектуально-технологическое развитие экономики страны в целом, особенно в нынешних условиях международных санкций и курса на импортозамещение. В стране сегодня происходит понимание сути процесса изменения роли труда человека при переходе от индустриального типа экономики к информационному, где интеллектуальный труд человека становится решающим фактором прогресса и устойчивого развития, основанном на использовании новых идей, знаний и компетенций, воплощаемых в интеллектуальные инновации.

Для эффективного использования интеллектуальных технологий управления промышленными предприятиями при этом также требуются высочайшие квалификация и профессионализм персонала, строжайшее соблюдение всеми технологической дисциплины, повышение производительности, качества и эффективности труда.

Следует заметить, что в информационной (инновационной) экономике, базирующейся на знаниях и высоких технологиях, принципиально меняются цели и стратегии производственно-

хозяйственной деятельности хозяйствующих субъектов: вместо общепринятых стратегий, ориентированных на получение промежуточной прибыли на первое место выдвигается максимизация производства совокупной добавленной стоимости посредством использования ресурсов материального и нематериального характера для удовлетворения общественных и индивидуальных потребностей в глобальном масштабе [1].

Внедрение интеллектуально-коммуникационных технологий при управлении

производственными процессами предприятий может принести заинтересованным лицам различные выгоды или эффекты, что представлено в табл. 4 в виде логической взаимосвязи между новыми функциональными возможностями интеллектуальных КФС, их индикаторами и соответствующими видами конечных потенциальных эффектов по всей производственной цепочке.

Таблица 4

Новые функциональные возможности интеллектуальных КФС, их индикаторы и потенциальные эффекты (выгоды)

№ п/п	Новые функциональные возможности интеллектуальных КФС	Индикаторы их проявления	Потенциальные эффекты
1.	Осуществление полной автоматизации управления технологическими процессами	Изменение роли человека в управлении, исключение «человеческого фактора», повышение уровня управляемости	Снижение отказов оборудования, потерь энергии и других экономических ресурсов, рост интеллектуального капитала предприятия
2.	Обеспечение надежной и устойчивой работы производственного оборудования	Снижение аварийных отказов и их длительности	Снижение экономических и социальных потерь, повышение доверия клиентов
3.	Реализация клиентоориентированного подхода	Удовлетворение потребностей клиентов и решение их проблем посредством расширения предоставляемых услуг	Снижение экономических потерь клиентов и повышение степени их удовлетворенности
4.	Возможность оптимизации режимов работы элементов производственного оборудования	Снижение неравномерности загрузки предприятий и расхода энергоресурсов	Повышение экономической, экологической и социальной эффективности предприятий
5.	Оптимальное управление обслуживанием и использованием активов предприятий	Продление сроков службы оборудования и повышение его эксплуатационной готовности	Снижение инвестиций и эксплуатационных затрат
6.	Возможность получения информации в режиме реального времени о последствиях принятия решений	Доступность информации	Возможность принятия оптимальных (рациональных) решений

Анализ зарубежных и отечественных исследований показывает, что потенциальные эффекты от внедрения интеллектуально-коммуникационных технологий управления современными производственными системами могут достичь максимума для всех заинтересованных сторон только при учете всех требований технологического уклада новой информационной (инновационной) экономики [1, 4, 7].

Разработка интеллектуальных КФС, их коммерциализация и практическое использование будут происходить постепенно по мере реализации концепции «Четвёртой промышленной революции». На каждом из этих этапов необходима предварительная оценка потенциальной (на стадии НИОКР) или реальной (на стадии пилотных испытаний или внедрения) эффективности новых технологий четвёртой промышленной революции, позволяющая с

приемлемой достоверностью принимать соответствующие решения.

По своей сути разработка и использование технологий четвёртой промышленной революции осуществляется посредством реализации инвестиционных проектов (ИП), эффективность которых следует оценивать в соответствии с [9], при этом под эффективностью ИП следует понимать степень выполнения поставленной цели или реализацию интересов его участников.

В [9] рекомендуется определять два вида эффективности:

а) общественную или социально-экономическую эффективность ИП;

б) коммерческую эффективность проекта.

Показатели общественной эффективности проекта учитывают социально-экономические последствия осуществления ИП для общества в целом, в том числе непосредственные ре-

зультаты и затраты проекта, а также внешние затраты и результаты в смежных секторах экономики, включая экологические, социальные и иные внеэкономические эффекты. В отличие от общественной показателя коммерческой эффективности проекта учитывают только финансовые последствия его осуществления для участников, реализующих ИП, в предположении, что они производят все необходимые для реализации проекта затраты и пользуются его результатами.

Учитывая важность интеллектуальных КФС для развития национальной экономики, их широкие экономические, технологические и иные связи с другими секторами, а также существенную отдаленность во времени поисковых научных исследований от реализации конкретных проектов по развитию КФС в российской экономике, в исследованиях целесообразно оценивать преимущественно показатели общественной эффективности, обусловленные изменением функциональных параметров по всей производственной технологической цепочке.

Виды потенциальных экономических эффектов от применения интеллектуально-коммуникационных технологий четвертой промышленной революции в исследовании разделены на следующие три категории [10, 11]:

- 1) прямые экономические эффекты:
 - рост производительности;
 - снижение производственных издержек;
 - повышение эффективности продаж;
 - повышение качества и скорости обслуживания клиентов;
 - рост доходности предприятия;
 - снижение себестоимости продукции и др.
- 2) косвенные экономические эффекты:
 - получение конкурентных преимуществ на мировом и национальных рынках;
 - обеспечение прозрачности управления предприятием;
 - сокращение времени выхода на рынок;
 - повышение лояльности клиентов и сотрудников предприятия;
 - рост стоимости акций предприятия и др.
- 3) эффекты снижения рисков деятельности предприятия, включающие:
 - риски потери наиболее прибыльных (доходных) клиентов;
 - риски ухудшения отношений с клиентами;
 - риски недонесения потребительской ценности до клиентов;
 - риски снижения гибкости предприятия;
 - риски превалирования личных целей персонала над общими целями предприятия;
 - риски снижения мотивации персонала;
 - риски невыполнения планов по доходам и/или рентабельности;
 - риски потери конкурентоспособности;
 - риски снижения производительности и эффективности процессов и др.

Предложенные виды потенциальных эффектов использования интеллектуально-коммуникационных технологий управления далее могут конкретизироваться и детализироваться в их реальные виды применительно к конкретным промышленным предприятиям. Так, для отечественных промышленных предприятий применение интеллектуальных технологий позволит оптимизировать производственный процесс в соответствии с технологическими особенностями оборудования, проводить в широких масштабах ресурс- и энергосберегающую политику, находить оптимальные режимы загрузки оборудования во времени, снижать текущие расходы экономических и финансовых ресурсов и выступать партнером энерго-снабжающих организаций в решении их проблем в случае наступления аварийных и других неблагоприятных условий.

Опыт внедрения конкретной интеллектуальной CRM-системы управления взаимоотношениями с клиентами для средней IT-компании показывает, например, что прямой экономический эффект от роста производительности труда сотрудников составляет 15 млн. долл. при росте прибыли на 30% за год, а ожидаемый косвенный экономический эффект от мероприятий по улучшению показателей удержания клиентов гарантирует прирост дохода в 4,8 млн. долл., достигаемый через два года или прирост прибыли около 50% через 5 лет [10].

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- 1) формирующийся в настоящее время технологический уклад новой информационной экономики обуславливает необходимость широкого использования интеллектуально-коммуникационных технологий управления производственными процессами в промышленности;
- 2) выполненный анализ потенциальных экономических эффектов от внедрения технологий четвертой промышленной революции показал инвестиционную привлекательность данной комплексной модернизации российской промышленности, что может стать ключевым фактором повышения конкурентоспособности отечественных предприятий и экономики России в целом и гарантией устойчивого социально-экономического роста.

Литература

1. Окорочков Р.В., Задорожний А.В. Эффективность применения интеллектуальных технологий в отечественной энергетике. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015.– 230 с.
2. Фасхиев Х.А. Модель управления инновационной деятельностью предприятия // Менеджмент в России и за рубежом.– №4.– 2013.– С. 11-27.

3. The Global Competitiveness Report 2015-2016. Full Data Edition / World Economic Forum. Geneva, Switzerland, 2015.– 403 pp.
4. Рифкин Дж. Третья промышленная революция: Как горизонтальные взаимодействия меняют энергетику, экономику и мир в целом. – М.: Альпина нон-фикшн, 2014.– 410 с.
5. Новая мировая промышленная повестка. Инициатива Германии Industrie 4.0 [Электронный ресурс] / Центр стратегических разработок «Северо-Запад».– Режим доступа: http://www.csr-nw.ru/upload/file_content_1350.pdf
6. Экономические и социальные последствия четвертой промышленной революции [Электронный ресурс] / Сайт компании «Mobile Learning».– Режим доступа: <http://www.mobile-learning/index.php/component/k2/itemlist/tag/>
7. Итоговый доклад рабочей группы проекта Industrie 4.0 [Электронный ресурс] / National Academy of Science and Engineering.– Апрель 2013.– Режим доступа: http://acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Wesite/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonder-seiten/Industrie_4.0/Final_report_Industrie_4.0_accessible.pdf
8. Джей Ли. Industry 4.0 – Производство в конфигурации супермассива данных / Tec.News. Технологические новости компании Harting [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.harting.ru/pressa-i-publicacii/tec-news/tecnews-vypusk-26>
9. Методические рекомендации по оценке инвестиционных проектов. Утверждено Минэкономки РФ, Минфином РФ, Госкомстроем РФ № ВК 477 от 21.06.99г. [Электронный ресурс] / Официальный сайт компании «КонсультантПлюс».– Режим доступа: <http://www.consultant.ru/document/>
10. Марданов А.З. Экономические эффекты от внедрения CRM [Электронный ресурс] / Сайт «Корпоративный менеджмент».– Режим доступа: <http://www.cfin.ru/itm/crm/effects.html>
11. Огороков Р.В., Капралов В.Д. Эффективность применения технологий четвертой промышленной революции на российских предприятиях // Научный форум с межд. участием «Неделя науки СПбПУ» / Материалы научно-практической конференции.– СПб, 2015.– С. 379-381.