

УДК 33с5.04

Регион: экономика и социология, 2019, № 1 (101), с. 201–224

Н.М. Журавель

ЭКОЛОГО-СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЙ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА КАДРОВ СИБИРСКИХ РЕГИОНОВ

В статье оцениваются показатели эколого-экономического развития сибирских регионов и фиксируется острая необходимость в передовых цифровых технологиях для сырьевых регионов. С позиций эколого-социальных рисков рассматриваются вопросы эффективности для двух групп технологий цифровой экономики: промышленных и коммуникационных. Дается краткий анализ государственной программы «Цифровая экономика» в части обеспечения реализации промышленных технологий трудовыми ресурсами. Показаны актуальность технологий робототехнического направления и преемственная связь научно-методического обоснования эффективности этого направления с разработками 1980-х годов. Главный элемент обоснования связан с определением влияния на эффективность робототехники со стороны социальных факторов под воздействием дефицита высококвалифицированных работников в сфере как создания робототехнических комплексов, так и их эксплуатации. Раскрыта сущность и показаны достоинства аддитивных технологий – наиболее перспективных цифровых технологий в группе промышленных.

Ключевые слова: эколого-социально-экономическая эффективность; Сибирский регион; цифровая экономика; робототехника; дефицит кадров

Цифровая экономика – это система экономических, социальных и культурных отношений, основанных на использовании цифровых информационно-коммуникационных технологий. Правительством РФ в июле 2017 г. утверждена соответствующая государственная программа. Основные сквозные технологии, которые входят в программу «Цифровая экономика», можно объединить в две группы: технологии коммуникационные (большие данные; нейротехнологии и искусственный интеллект; системы распределенного реестра, в частности блокчейн; квантовые технологии) и промышленные (новые производственные технологии; промышленный интернет; компоненты робототехники и сенсорики; технологии беспроводной связи; технологии виртуальной и дополненной реальностей). Предусматривается изменение перечня таких технологий по мере появления и развития новых¹.

Значительную роль в создании и применении технологий цифровой экономики играют обоснование и оценка их эффективности. В настоящей статье рассматриваются три наиболее существенные составляющие оценки эффективности: экономическая, экологическая и социальная. Важно отметить, что при этом мы стремились подчеркнуть неразрывную взаимную связь сущностного содержания названных составляющих, сознавая наличие и других аспектов многосторонней проблемы обоснования и оценки эффективности технологий цифровой экономики.

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

Методически решение вопросов обоснования и оценки эффективности в части экономических эффектов с учетом влияния экологических факторов для группы промышленных технологий совпадает с тем, как это изложено нами ранее применительно к наилучшим дос-

¹ URL: http://www.tadviser.ru/index.php/Статья%3АЦифровая_экономика_России#.D0.A0.D0.B0.D0.B7.D0.B2.D0.B8.D1.82.D0.B8.D0.B5_.D1.81.D0.BA.D0.B2.D0.BE.D0.B7.D0.BD.D1.8B.D1.85_.D1.82.D0.B5.D1.85.D0.BD.D0.BE.D0.BB.D0.BE.D0.B3.D0.B8.D0.B9 .

тупным технологиям². Совпадение объясняется тем, что практически это одни и те же объекты для инвестиционного проектирования и у них одинаковые критерии экономической эффективности (используемые в международной и отечественной практике ЧДД, ВНД, срок окупаемости), а также близкие экологические ограничения по защите природной среды. Мы предложили схему учета экологических ограничений через корректировку ЧДД, ВНД и срока окупаемости посредством расчета эколого-экономического ущерба, предотвращаемого при применении названных технологий³. Расчет ущерба может производиться с помощью методик как отраслевого, так и федерального уровня на основе региональных данных о загрязнении атмосферы, почв и водных источников предприятиями отраслей, расположенных в регионе.

Для сибирских регионов размеры ущерба, экологически скорректированных валового регионального продукта (ВРП^Э) и чистого регионального продукта (ЧРП^Э), приведенные в работе [7] по состоянию на начало 2003 г., представлены в табл. 1. По величине стоимостного показателя ущерба, причиняемого природной среде, первые места занимают самые грязные промышленные территории Сибири: Ханты-Мансийский АО, Кемеровская область, Красноярский край, Иркутская область и Ямало-Ненецкий АО. Но они же одновременно приносят максимум дохода Сибири и Дальнему Востоку, т.е. лидируют по показателям ВРП и ЧРП. Показатели ВРП^Э и ЧРП^Э рекомендованы Статистическим отделом ООН в системе эколого-экономического учета в качестве индикаторов развития региональной экономики. Для Сибири они рассчитаны по данным, приведенным в табл. 1, следующим образом:

$$\text{ВРП}^{\text{Э}} = \text{ВРП} - \text{качественное истощение природных ресурсов (ущерб)} - \text{количественное истощение природных ресурсов (рента)};$$
$$\text{ЧРП}^{\text{Э}} = \text{ВРП}^{\text{Э}} - \text{истощение основного капитала (амортизация основных фондов)}.$$

² См.: Журавель Н.М. Эколого-экономическая эффективность наилучших доступных технологий: значимые факторы и их измерители // Вестник НГУ. Сер.: Социально-экономические науки. – 2013. – Вып. 4. – С. 27–38.

³ Там же.

**Эколого-экономические показатели развития экономики субъектов РФ
Востока России**

Субъект РФ	Сумма амортизации ОФ, млн руб.	Сумма ущерба, млн руб.	Сумма ренты, млн руб.	ВРП ^Э , млн руб.	ЧРП ^Э , млн руб.	Уд. природо-емкость ВРП, %	Интенсивность ресурсопотребления, %
Агинский Бурятский АО	2,7	19,0	2,9	1539,4	1517,6	1,4	1,6
Алтайский край	1406,1	10372,9	368,1	87499,6	76758,6	12,1	13,7
Амурская обл.	547,3	3811,9	1214,9	37342,1	32315,4	13,3	14,7
Еврейская авт. обл.	50,3	450,0	34,4	5444,8	4960,4	8,8	9,7
Иркутская обл.	2550,6	20477,0	11967,5	126151,2	93706,8	25,2	27,2
Камчатская обл.	232,9	1768,3	389,4	12319,4	10143,6	17,3	19,2
Кемеровская обл.	7400,1	47871,0	4407,4	136271,3	83993,0	36,4	41,5
Корякский АО	33,7	287,5	383,3	1659,5	988,6	39,6	41,6
Красноярский край	3423,3	25883,5	41933,8	189568,0	121759,7	35,1	36,9
Курганская обл.	547,8	3229,9	46,3	32489,0	29212,8	9,9	11,6
Магаданская обл.	212,2	1614,4	2262,3	1280,9	8514,2	30,7	32,5
Ненецкий АО	608,1	1919,4	5769,4	8225,7	536,8	87,0	93,9
Новосибирская обл.	1471,3	10768,3	2775,4	118775,3	105231,5	11,3	12,5
Омская обл.	1197,6	8913,7	5033,8	95655,9	81708,4	14,4	15,6
Приморский край	1055,4	7678,0	471,1	72949,9	64800,8	11,0	12,4
Республика Алтай	15,0	139,9	52,0	6454,7	6262,9	3,0	3,2
Республика Бурятия	650,6	4109,4	865,3	34658,7	29684,1	14,1	15,9
Республика Саха (Якутия)	1347,9	8984,6	12377,3	65615,4	44253,5	31,9	33,9
Республика Тыва	49,3	329,6	120,7	6142,1	5691,8	7,3	8,1
Республика Хакасия	577,9	3929,6	2702,6	23638,3	17006,1	27,4	29,8

Окончание табл. 1

Субъект РФ	Сумма амортизации ОФ, млн руб.	Сумма ущерба, млн руб.	Сумма ренты, млн руб.	ВРПЭ, млн руб.	чРПЭ, млн руб.	Уд. природо-емкость ВРП, %	Интенсивность ресурсопотребления, %
Сахалинская обл.	792,0	3653,0	5015,2	30297,2	21629,0	27,9	30,4
Таймырский (Долгано-Ненецкий) АО	12,9	56,6	52,4	1508,0	1399,1	7,2	8,0
Томская обл.	1750,4	7791,7	13410,3	68144,6	46942,6	30,3	32,8
Тюменская обл.	1722,6	5683,4	15236,0	87415,6	66496,2	23,5	25,4
Усть-Ордынский Бурятский АО	5,7	46,9	0,0	3436,0	3389,1	1,4	1,5
Хабаровский край	1321,3	9068,1	3336,6	69085,1	56680,5	17,6	19,5
Ханты-Мансийский АО	23700,6	79375,0	207863,5	360268,6	73030,1	74,8	81,0
Читинская обл.	406,5	2754,6	1610,1	34904,7	30539,9	12,4	13,5
Чукотский АО	62,9	413,4	159,6	4374,6	3801,6	12,9	14,3
Эвенкийский АО	15,8	72,3	133,7	406,4	200,4	48,8	52,5
Ямало-Ненецкий АО	6477,3	18626,2	62616,9	154409,5	73166,4	50,5	54,5

В таблице 1 также приведены косвенные индикаторы эколого-экономического состояния сибирских регионов: удельная природоёмкость дохода (рента в процентах от ВРП) и интенсивность ресурсопотребления (отражает потребление как природных ресурсов, так и основного капитала в процессе создания дохода). Последний показатель является индикатором устойчивости экономического развития региона. По этому показателю лидируют ведущие сырьевые регионы страны, т.е. в основном регионы Сибири: Ненецкий, Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий автономные округа. Но они же лидеры в «проедании» ресурсов. Лишь 20% их регионального дохода представляет собой чистую добавленную стоимость, которая может быть

направлена на будущее развитие их экономик. Большая же часть ВРП уйдет на восстановление основного капитала и на компенсацию истощения природных ресурсов. И, по-видимому, только передовые технологии цифровой экономики наряду с разумной экономической политикой смогут облегчить этим регионам решение столь трудной задачи.

Данная статья нацелена на освещение эффективности применения второй сквозной группы технологий цифровой экономики – промышленных технологий, хотя общая специфика цифровизации этой группы и группы коммуникационных технологий, а также озабоченность экспертов возрастающими эколого-социальными рисками, вызванными этой спецификой [2], вынуждают рассмотреть с позиции таких рисков экологические и социальные аспекты эффективности для обеих групп.

ЭКОЛОГО-СОЦИАЛЬНЫЙ АСПЕКТ

Уже существует специальный термин – «цифровая экология». Словарь «Академик»⁴ дает такое толкование этого термина: «Цифровая экология имеет дело с информационными экосистемами, которые сформированы потоками информации, транслируемыми с помощью разнообразных медиа. Информация широко оцифровывается и становится ресурсом, который можно использовать, производить и трансформировать так же, как материальные ресурсы. *Ключевая экологическая идея* касается сохранения и увеличения пользовательской стоимости информации для публики в широком смысле и некоммерческих свойств информации в противоположность обменной стоимости. Цифровая экология нацелена на понимание производства, распространения, хранения, доступности, владения, отбора и использования информации в технологизированных средах. Силы экономики, рыночные кризисы и вмешательство со стороны политики создают опасность для экосистемы инфосферы, для плюрализма и разнообразия способов культурного самовыражения, предоставляемых современными информационными и коммуникационными технологиями. Цифровая экология занята поиском способов сохранять и повышать

⁴ URL: https://technological_reality.academic.ru/60/цифровая_экология .

культурное разнообразие и качество жизни в информационной экосистеме».

О наступивших и грядущих угрозах в цифровой экономике очень веско и доходчиво говорит В.Д. Кальнер, доктор технических наук, профессор, главный редактор журнала «Экология и промышленность России»: «Реализация цифровой технологии в мировой экономике без решения вопросов защиты от нарастающей виртуальной опасности (во имя сохранения экологического равновесия в биосфере от нового оружия массового вредительства) становится не менее опасной, но более реальной угрозой, чем применение ядерного оружия» [2, с. 64]. В.Д. Кальнер называет наиболее значимые угрозы и доказывает их существование. К таким угрозам он относит следующие:

- хакеры и телефонный терроризм;
- виртуальная продажа наркотиков;
- поставка некачественных товаров через интернет-торговлю;
- интернет-зависимость («игровая игла»);
- агрессивный контент (виртуальный мир наркоторговцев и псевдорелигиозных сект с неизвестными организаторами);
- масштабные риски разнообразного электронного мошенничества в сфере криптовалют (отмывание незаконного капитала, финансирование терроризма, теневой бизнес на криптоактивах).

Все названные угрозы и, следовательно, риски при реализации программы развития цифровой экономики относятся главным образом к группе коммуникационных технологий. На семинаре по достижениям и перспективам развития цифровой экономики в Сибири, состоявшемся в 2017 г. в Институте экономики и организации промышленного производства СО РАН, специалистами на основе их собственного опыта были отмечены также и риски, характерные для обеих групп. В частности, речь шла о необходимости резервирования вычислительных систем за счет создания национальных платформ, ибо используемые ныне зарубежные платформы корпоративные, не открытые, т.е. их применение ограничивается условиями, навязываемыми фирмами – создателями платформы. А для широкого распространения достижений в области технологий цифровой экономики нужен глобальный уровень платформ для этих технологий (указывался по-

ложительный в этом отношении опыт Китая), обеспечивающий полную безопасность. Отмечались также риски, вызываемые зачастую отсутствием надежно обоснованного целеполагания при создании и внедрении технологий цифровой экономики (здесь, по нашему мнению, полезен опыт Японии, о котором речь пойдет ниже). Касательно промышленных технологий особо выделялись технические риски (ненадежность оборудования и источников энергетического питания).

Отметим, однако, что цифровизация промышленных технологий дает существенные эффекты для экологии, понимаемой в дальнейшем как охрана окружающей среды, в отличие от озабоченностей, вызываемых цифровой экологией для коммуникационных технологий (в толковании цифровой экологии по словарю «Академик»). В частности, это эффекты в виде создания роботов: пожарных, сортировщиков мусора, измерителей радиации, контролеров утечки вредных выбросов и т.п. В историческом плане важно отметить, что еще в ГКНТ СССР была разработана комплексная программа по производству робототехники на 1981–1990 гг. Для выполнения заданий этой программы была назначена головная организация – Центральный НИИ робототехники и технической кибернетики при Ленинградском политехническом институте (ЛПИ). Под его руководством был создан определенный задел на будущее, так что современная программа по цифровой экономике будет реализовываться не на пустом месте, хотя этот задел серьезно пострадал от ликвидации в 1990-х годах ряда отраслевых НИИ и многих предприятий, ответственных за научно-технический прогресс.

В то же время Япония за последние 35 лет совершила гигантский скачок в робототехнике. В начале 1980-х годов нами изучался опыт Японии как лидера в использовании роботов⁵. Было выявлено, что на основе опроса предпринимателей, занятых в сфере изготовления и потребления промышленных роботов, строилось дерево целей их внедрения. Цели первого уровня по степени важности ранжировались сле-

⁵ См.: Журавель Н.М., Мостовов С.В. Научно-технический прогресс и роботизация промышленного производства в свете решений XXVI съезда КПСС // Промышленные роботы и их применение в народном хозяйстве. – Новосибирск, 1982. – С. 165–190.

дующим образом: для экономии рабочей силы (45 баллов из 100), для улучшения условий труда (25 баллов), для обеспечения гибкости по отношению к изменениям в номенклатуре (14 баллов), для удобства при контроле производственной системы (8 баллов), прочие цели (8 баллов). Но даже в составе прочих не было экологических целей. И только в далеких перспективах основных отраслей применения промышленных роботов указывалось сохранение природы (измерение вредных выбросов, контроль, наблюдение, огнетушение и т.д.) наряду с атомной энергетикой и космическими разработками.

Сегодня Япония по-прежнему сохраняет лидерство как в робототехнике, так и во многих других технологиях цифровой экономики. Например, современный японский научный центр контроля окружающей среды «Taihei» разработал систему, которая автоматически проверяет качество воды и может обнаружить такие бактерии, как кишечная палочка. Ранее эта работа выполнялась вручную. Система с использованием трех роботов полностью автоматизирует все этапы процесса от сбора заданного количества образцов, инъекции агара, перемешивания, коагуляции и переворачивания до размещения и хранения культуры в инкубаторах. Такой уровень автоматизации не только устраняет влияние человеческого фактора, но и существенно увеличивает точность контроля, а также повышает производительность процесса обработки.

В России степень готовности экономики к цифровизации оценивается специалистами и в региональном, и в отраслевом разрезе не очень высоко, но тенденции в уровне дифференциации не одинаковы. Исследователи ИЭОПП СО РАН [5] отмечают, что регионы сохраняют существенные различия в развитии цифровых технологий в основных секторах экономики (предпринимательская сфера, государственные услуги, домохозяйства). Более 30% занятых в сфере информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) представляют четыре региона: г. Москву, Московскую область, г. Санкт-Петербург и Свердловскую область. С 2013 по 2016 г. по численности занятых в секторе ИКТ дифференциация между регионами увеличилась, при этом по уровню затрат на ИКТ она несколько снизилась. По этим показателям различие между регионами-лидерами и регионами-аутсайдерами составляет несколько порядков.

Исследование [5] позволило назвать факторы, влияющие на развитие цифровых технологий в основных секторах экономики: это затраты на ИКТ, доля занятых с высшим образованием, ВРП на душу населения, государственные субсидии. Усилия государства в виде субсидий значимы прежде всего для сектора государственных услуг и не оказывают заметного влияния на цифровизацию других секторов экономики. Исследователи также отмечают, что хотя удельный вес затрат на информационные и коммуникационные технологии в общем объеме отгруженной продукции невелики (1,9%), величина затрат на информатизацию на уровне регионов положительно связана с уровнем распространения цифровых технологий в предпринимательском секторе. Названы барьеры для развития цифровой экономики: это низкий спрос со стороны регионального бизнеса на IT-продукты и IT-сервисы, дефицит квалифицированных кадров, недостаточный уровень государственной поддержки. Компании, работающие в сфере ИКТ, в регионах имеют меньше возможностей для обслуживания государственного сектора – наиболее привлекательного заказчика для IT-решений. Компании-лидеры ориентируются на глобальный рынок, занимая там нишевые позиции.

Развитие цифровой экономики выделено в качестве одной из стратегических целей и долгосрочных приоритетов у большинства регионов. При сохранении существующих тенденций ускоренное развитие цифровых технологий будет сконцентрировано в крупнейших регионах. Существенная дифференциация в уровне развития цифровой экономики сохранится или даже усилится. Однако этот основной вывод сибирских исследователей совпадает с тенденциями, имеющими долгосрочный характер и для развитых стран: более богатые и с более образованным населением регионы обладают преимуществом в развитии цифровой экономики.

Ученые Института экономики УрО РАН [6] оценивали степень готовности экономики к цифровизации в отраслевом разрезе на основе мирового опыта и собственных разработок, посвященных расчету комплексного показателя развития цифровых технологий – рейтинга готовности отраслей (видов деятельности) к цифровой экономике (по 22 показателям для 14 отраслей). Показатели отражали три груп-

пы факторов: обеспеченность оборудованием, программное обеспечение, кадровый потенциал отрасли. Первые четыре места в рейтинге, близкие по уровню готовности к цифровизации (около 1,7), занимают сфера исследований и разработок, образование, финансовая деятельность и связь. Отрасль «электрооборудование» имеет рейтинг 1,3. Замыкают рейтинг транспорт и строительство (около 0,9), рейтинг всех остальных отраслей находится в интервале от 1,0 до 1,2. Таким образом, отраслевой разрез готовности экономики к цифровизации подтверждает вывод сибирских ученых о низком уровне этой готовности, но в отличие от территориального разреза не говорит о значительном расслоении отраслей по такой готовности.

В целом же о значительных масштабах работ по преодолению сложившегося отставания экономики в цифровизации можно судить по объемам научных исследований и технологических разработок, необходимых для реализации планов по импортозамещению в гражданских отраслях промышленности. Наглядно об этом свидетельствует карта научного обеспечения проектов по импортозамещению, составленная авторами работы [3] с помощью экспертных оценок на основе методологии «Технологический радар» [8] в соответствии с классами Международной патентной классификации (табл. 2). Карта показывает, что по весьма широкому кругу позиций отсутствуют достаточные научные заделы для обеспечения импортозамещения в основных отраслях промышленности. В частности, это касается компьютерных наук, компьютерных сетей и коммуникаций, информационных систем, программного обеспечения, компьютерной графики, систем автоматизированного проектирования и других направлений прикладных научных исследований и экспериментальных разработок, без которых невозможно создание цифровой экономики в России, особенно в условиях непрерывных санкций, мешающих международной кооперации в этой сфере. В то же время радуют успехи в достижении достаточного уровня научных заделов в таких областях, как искусственный интеллект, оборудование и архитектура вычислительной техники, биотехнологии, и вообще во всем комплексе биолого-медицинских наук.

Таблица 2

Карта научного обеспечения проектов импортозамещения в гражданских отраслях промышленности России (фрагмент)

	Отрасли промышленности								
	радио- элект- ронная	хими- ческая	судо- строи- тельная	энергети- ческая, электротех- ническая, кабельная	станко- строи- тельная	гражд- данское авиа- строе- ние	нефтя- ное ма- шино- строе- ние	фарма- цевти- ческая	меди- цин- ская
Направления прикладных научных исследований и экспериментальных разработок, необходимые для научного обеспечения импортозамещения в отраслях промышленности									
Компьютерные науки									
Компьютерные сети и коммуникации									
Обработка сигнала									
Информационные системы									
Программное обеспечение	+								
Теоретическая информатика	+								
Взаимодействие человека и машины									
Визуализация и распознавание									
Оборудование и архитектура IT			+				+		
Компьютерная наука и приложения									
Искусственный интеллект	+							+	
Теория вычислений и математика									
Компьютерная графика и система автоматического проектирования									

Продолжение табл. 2

Направления прикладных научных исследований и экспериментальных разработок, необходимые для научного обеспечения импортозамещения в отраслях промышленности	Отрасли промышленности								
	радио-электронная	химическая	судостроительная	энергетическая, электротехническая, кабельная	станкостроительная	гражданское авиационное строительство	нефтемашиностроение	фармацевтическая	медицинская
Химия									
Электрохимия									
Неорганическая химия									
Спектроскопия	+						+		
Физическая и теоретическая химия									
Аналитическая химия	+								
Органическая химия									
Химический инжиниринг									
Коллоидная химия и химия поверхностей									
Химические процессы и технологии									
Химические материалы			+						
Катализ		+							
Фильтрация и сепарация									
Химические вещества для здоровья и безопасности								+	
Биоинжиниринг									+

Окончание табл. 2

Направления прикладных научных исследований и экспериментальных разработок, необходимые для научного обеспечения импортозамещения в отраслях промышленности	Отрасли промышленности								
	радио-электронная	химическая	судостроительная	энергетическая, электротехническая, кабельная	станкостроительная	гражданское авиационное строительство	нефтегазовое машиностроение	фармацевтическая	медицинская
Биохимия, генетика и молекулярная биология									
Биохимия									
Молекулярная биология							+		
Молекулярная медицина							+		
Биология клетки							+		+
Биотехнологии							+		+
Клиническая биохимия							+		+
Структурная биология							+		
Биофизика									
Медицина									
Лекарственные средства									
Биохимия в медицине									+
Радиология, ядерная медицина и обработка изображений									+

Примечание: знаком «+» обозначен достаточный уровень научных заделов, знаком «-» – недостаточный уровень.

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

По мнению руководителя Центра компетенций «Кадры и образование» программы «Цифровая экономика» Д. Пескова⁶, практически отсутствуют способы подготовки новых кадров для цифровой экономики, экономики данных. Из-за демографического спада из университетов выпускается вдвое меньше студентов, чем несколько лет назад. В ближайшие 15 лет эта тенденция сохранится. В Сибирском федеральном округе особенно остро проблема дефицита кадров стоит как в отношении инженерных специалистов, так и в отношении квалифицированной рабочей силы. Например, Иркутский национальный исследовательский технический университет готовит специалистов по многим рабочим техническим специальностям, но их катастрофически не хватает. И если крупные предприятия стараются решать проблему путем создания собственных центров по подготовке кадров, как, например, Иркутский авиазавод, то не вполне понятно, как действовать в сложившихся обстоятельствах малому и среднему бизнесу. Свежий пример: команда успешного иркутского стартапа «Apis-Cog», компании-разработчика уникального мобильного строительного 3D-принтера, который печатает дом целиком на месте строительства, в 2016 г. была вынуждена переехать в Москву. Одной из главных причин этого переезда стала нехватка грамотных инженерных кадров, квалифицированных специалистов.

Проект кадрового обеспечения госпрограммы «Цифровая экономика» предусматривает доступ к онлайн-программам второго высшего образования ежегодно для более чем 1 млн россиян. Для этого будут выпущены специальные электронные ваучеры, которые получат желающие повысить квалификацию или приобрести новые компетенции в области цифровой экономики. Однако ваучеры будут предлагать специалистам, лишившимся работы из-за автоматизации труда. Таким образом, фактически новая госпрограмма направлена на тру-

⁶ URL: http://www.tadviser.ru/index.php/Статья%3АЦифровая_экономика_России#.D0.A0.D0.B0.D0.B7.D0.B2.D0.B8.D1.82.D0.B8.D0.B5_.D1.81.D0.BA.D0.B2.D0.BE.D0.B7.D0.BD.D1.8B.D1.85_.D1.82.D0.B5.D1.85.D0.BD.D0.BE.D0.BB.D0.BE.D0.B3.D0.B8.D0.B9 .

довую переориентацию кадров, которые вымываются из системы труда вследствие внедрения новых технологий. Как заявил глава Регионального общественного центра интернет-технологий С. Гребенников, «через 5–7 лет не будет ни одной профессии, где не нужно знание технологий и умение обращаться с роботом. Так что курс верный. Теперь важна реализация»⁷.

Поэтому сосредоточимся на методических вопросах учета влияния на общую эффективность робототехнических комплексов со стороны социальных факторов, которые особенно значимы при обновлении производства с помощью таких комплексов. Рассмотрим эффективность роботизации в условиях многономенклатурного производства и частой обновляемости изделий на примере штамповочно-прессового цеха одного из сибирских заводов.

Эффективность роботизации производства зависит от многих факторов, но одним из главных является правильная загрузка промышленных роботов (ПР). Этот вопрос легко разрешается в массовом и крупносерийном производстве, когда одна и та же продукция выпускается длительное время. В мелкосерийном производстве, которое в машиностроении составляет около 80% объема продукции, возникает проблема группировки изделий таким образом, чтобы загрузка робототехнического комплекса «основное оборудование – робот» была максимальной. Эта проблема непосредственно связана с организацией обработки изделий групповым методом. Сущность групповой обработки заключается в разделении всей номенклатуры обрабатываемых изделий на группы, сходные по своим конструктивным и технологическим признакам. В штамповочном производстве, например, заготовки каждой из таких групп могут обрабатываться на однотипном оборудовании, универсальными штампами и блоками со сменными рабочими частями, а также на одном прессе при общей его настройке. Группировка номенклатуры в этом случае, по существу, требует решения задачи многомерной классификации, поскольку необходимо

⁷ URL: http://www.tadviser.ru/index.php/Статья%3АЦифровая_экономика_России#.D0.A0.D0.B0.D0.B7.D0.B2.D0.B8.D1.82.D0.B8.D0.B5_.D1.81.D0.BA.D0.B2.D0.BE.D0.B7.D0.BD.D1.8B.D1.85_.D1.82.D0.B5.D1.85.D0.BD.D0.BE.D0.BB.D0.BE.D0.B3.D0.B8.D0.B9 .

учесть ряд классификационных признаков: материал, вес, габаритные размеры, величину партии, мощность пресса и др.

Решение этой задачи необходимо и при определении экономической эффективности применения промышленных роботов. Изменение количества требуемого оборудования в связи с роботизацией является основным показателем при расчете эффективности применения ПР, так как от него зависят и другие показатели, определяющие уровень эффективности (количество обслуживающего персонала, занимаемая площадь, использование вспомогательных материалов, заработная плата обслуживающего персонала и др.). Если на роботизируемом участке обрабатывается большая номенклатура деталей, то при расчете потребного количества оборудования необходимо произвести укрупнение номенклатуры и выбор для каждой группы одной или нескольких деталей-представителей. Выделение детали-представителя заметно упрощает анализ и расчет эффективности использования ПР, а при значительной номенклатуре обеспечивает в принципе их возможность.

Группировка деталей и выбор представителей групп могут быть осуществлены экспертным путем, формальными способами или их комбинацией. Эти варианты были опробованы при расчетах экономической эффективности штамповочного производства радиозавода. Формальный вариант базируется на использовании аппарата имитационного агрегирования⁸.

Расчет эффективности проводился по методике, разработанной в упоминавшемся выше ЦНИИ робототехники и технической кибернетики при ЛПИ специально для учета влияния социальных эффектов в общей эффективности роботизации промышленного производства [4].

Определение годового экономического эффекта опирается на сравнение всех видов затрат по базовому и роботизированному вариантам, рассчитанным на одинаковый объем производства. Основными составляющими экономического эффекта являются экономия на капитальных вложениях, экономия на текущих затратах, экономия за счет социальных факторов. Расчет последней составляющей в мето-

⁸ См.: *Журавель Н.М.* Статистическое агрегирование в экономических системах. – Новосибирск: Наука, 1989.

дикое ЛПИ основывается на стремлении измерить в денежной форме дефицит рабочей силы. Выделяются два вида дефицитности: абсолютная и относительная. Последняя учитывается коэффициентами тарифной сетки и заложена в виде фонда заработной платы в экономии на текущих затратах. Абсолютную дефицитность рабочей силы нельзя учесть коэффициентами тарифной сетки, так как она означает, что потенциальная возможность привлечения трудовых ресурсов к выполнению физически тяжелой, однообразной и утомительной или даже опасной работы практически отсутствует. Поэтому такой труд должен быть заменен машинным, что позволяет освободить работника и использовать его на других работах. Оценка такого замещения должна учитывать экономию труда для общества, которая возникает при использовании работника по другому назначению. Общая экономия за счет социальных факторов рассчитывается по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{соц}} = k_m \cdot Z + E_n \cdot k \cdot Ч,$$

где $k_m \cdot Z$ – экономия в результате дефицитности рабочей силы, проявляется при освобождении рабочих на данном участке и при возможности использования их на других производствах ($k_m = 0,34$ – коэффициент, характеризующий отношение средней величины добавленной стоимости, используемой на образование внебюджетных государственных фондов, к индивидуализированной заработной плате; в методике ЛПИ $k_m = 0,35$ и трактуется как коэффициент, характеризующий отношение стоимости средней величины прибавочного продукта, используемой на образование общественных фондов потребления, к индивидуализированной зарплате); Z – среднегодовая зарплата высвобождаемых производственных рабочих; $E_n \cdot k \cdot Ч$ – экономия величины капитальных вложений в непроизводственные фонды бытового и социально-культурного назначения вследствие сокращения потребности в них в связи с сокращением численности рабочих (E_n – коэффициент эффективности капитальных вложений, принимаем на уровне 15%; k – норматив капвложений в объекты социально-культурного и бытового назначения для Новосибирской области, условно принимаем на уровне 10800 руб./чел.; $Ч$ – численность высвобождаемых рабочих в результате роботизации).

Пример расчета социально-экономической эффективности дается в табл. 3 (в условных ценах). Итог приведенного в примере расчета следующий: экономический эффект (разница в капитальных вложениях и текущих затратах) составил отрицательную величину в 16573 руб.; социальный эффект – $0,34 \cdot 57420 + 0,15 \cdot 10800 \cdot 19,8 = 52173$ руб.; социально-экономический эффект – 35600 руб.

Таблица 3

Расчет социально-экономической эффективности роботизации одной из групп изделий

Статья затрат	Вариант		Примечание
	базовый	роботизированный	
Количество:			
прессов	11	16	
роботов	–	32	
рабочих	22	2,2	
<i>Капитальные затраты, руб.</i>			
Стоимость:			
прессов	15796	22976	
роботов	–	249312	Цена робота 7000–9000 руб.
другого оборудования	1580	2298	10% от стоимости прессов
производственной площади	7658	17760	Цена 1 кв. м площади норматив площади для прессов
бытовой площади	30800	3080	Норматив (1400 руб./чел.) кол-во рабочих
Предпроизводственные расходы	–	15296	478 руб. кол-во роботов
Итого	55823	313722	
<i>Текущие затраты, руб.</i>			
Заработная плата	63800	6380	Среднегодовая зарплата (усл. 2900 руб./сут) кол-во рабочих

Статья затрат	Вариант		Примечание
	базовый	роботизи- рованный	
Амортизация:			
прессов	1580	2298	Стоимость прессов норма амортизации (10%)
роботов	–	24931	
другого оборудования	316	460	Стоимость другого оборудования норма амортизации (20%)
Ремонт:			
прессов	471	689	
роботов		7479	Стоимость норма ремонта (3%)
другого оборудования	47	69	
Затраты на электроэнергию:			
пресс	1320	1920	Кол-во оборудования норма затрат
робот	–	1440	
Затраты на содержание площадей:			
производственных	924	2240	Площадь норма затрат (14 руб./кв. м)
бытовых	1232	123	4% от стоимости площади
И т о г о			
Текущие затраты	69690	48029	
Приведенные затраты	78064	94637	

Таким образом, на примере робототехнических комплексов видно, что учет социальных факторов существенно повышает общую эффективность применения промышленных технологий в цифровой экономике. Но это не предел роста эффективности цифровых технологий, которые совершенствуются «со скоростью света». Одной из наиболее приоритетных современных цифровых промышленных технологий является технология аддитивного производства [1]. Идея ад-

дитивного производства заключается в следующем: создается трехмерная 3D-модель объекта с использованием данных компьютерного автоматизированного проектирования (САПР), далее модель разделяют на необходимые множества слоев детали, после чего ее печатают на 3D-принтере путем послойного добавления материалов (как правило, это специальные композиции материалов порошковой металлургии). Финишной обработкой заканчивается получение готовых деталей.

Принципиальное отличие аддитивных технологий состоит именно в послойном наращивании, в то время как в традиционных технологиях (литья, штамповки и т.п.) ненужную часть материала удаляют механической обработкой заготовки. Отсюда главные достоинства аддитивного производства: экономия материалов, рабочего времени (рост производительности труда в 20–30 раз), повышение качества и надежности продукции, экологическая чистота производства. Однако самым главным преимуществом аддитивной технологии является возможность создать в кратчайшие сроки геометрически сложные объекты, которые нельзя изготовить с помощью традиционных технологий, что и вызывает у производителей наибольший интерес.

В целом следует сказать, что эффективность современной экономической деятельности напрямую зависит от качества управления информационно-технологическими ресурсами. Оперативное использование научных заделов для повышения эффективности этих ресурсов может дать существенный экономический, социальный и экологический эффекты за счет быстрой ориентации в условиях рыночной конкуренции и получаемой производителями возможности стремительнее реагировать на происходящие конъюнктурные изменения, используя соответствующие данные о новых цифровых технологиях как гибкий информационный ресурс.

В заключение приведем конечный вывод В.Д. Кальнера относительно экологической и социальной безопасности жизнедеятельности: «При переходе на цифру при роботизации, автоматизации, использовании искусственного интеллекта, снижении объемов человеческого ручного и маломеханизированного труда на производстве и в быту; при работе с криптовалютой нужен квалифицированный бэнчмаркинг, а по-русски, комплексный сопоставительный анализ получаемой эффективности и возможных рисков. Безумно идти против прогресса, нового цифрового развития мира как одного из путей совершен-

ствования цивилизации в XXI в. Он, безусловно, нужен и придет, но, чтобы жить в новом мире и не навлечь разрушения текущих достижений, нужно готовиться к новым проблемам и рискам; быть духовно, гуманитарно, а не только технически готовым к его возможностям, его плюсам и минусам, достижениям и опасностям. Это необходимо знать, если мы хотим мир для будущих поколений сделать экологически безопасным и устойчивым, минимизировать потенциальные и не только стихийные риски, а создаваемые человеком или обученной им машиной» [2, с. 67].

От себя хочется добавить о цифровой экономике: главное, чтобы не реализовалось едкое замечание Грибоедова о важных делах в родном Отечестве (читай: о «госпрограммах» современной России), высказанное в «Горе от ума» устами Репетилова: «Шумим, братец, шумим...».

*Работа выполнена по плану НИР ИЭОПП СО РАН в рамках
приоритетного направления XI.172
(проект XI.172.1.1 (0325-2017-0010) № АААА-А17-117022250132-2)*

Список источников

1. *Вержаковская М.А., Аронов В.Ю., Осанов В.А.* Технологии аддитивного производства как наиболее приоритетные современные цифровые технологии // *Инновации.* – 2018. – № 7. – С. 23–27.
2. *Кальнер В.Д.* Цифровая экономика и экологическая безопасность жизнедеятельности // *Экология и промышленность России.* – 2018. – Т. 22, № 1. – С. 62–67.
3. *Киселев В.Н., Шувалов С.С., Павлючкова М.В.* О подходе к планированию направлений научных исследований и технологических разработок, востребованных в целях реализации планов по импортозамещению в гражданских отраслях промышленности // *Инновации.* – 2017. – № 4. – С. 42–52.
4. *Козловский В.А.* Организационные и экономические вопросы построения производственных систем. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1981. – 216 с.
5. *Кравченко Н.А., Кузнецова С.А., Иванова А.И.* Факторы, результаты и перспективы развития цифровой экономики на региональном уровне // *Мир экономики и управления.* – 2017. – Т. 17, № 4. – С. 168–178.
6. *Попов Е.В., Семячков Е.А.* Оценка готовности отраслей РФ к формированию цифровой экономики // *Инновации.* – 2017. – № 4. – С. 37–41.
7. *Рюмина Е.В.* Экономический анализ ущерба от экологических нарушений. – М.: Наука, 2009. – 330 с.
8. *Technologyradar.* Vol. 5: Methodology. – The Hague, 1998.

Информация об авторе

Журавель Нинэль Михайловна (Россия, Новосибирск) – кандидат экономических наук, доцент кафедры моделирования и управления промышленным производством Новосибирского национального исследовательского государственного университета (630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 1); старший научный сотрудник Института экономики и организации промышленного производства СО РАН (630090, Новосибирск, просп. Акад. Лаврентьева, 17, e-mail: nmzh2018@mail.ru).

DOI: 10.15372/REG20190109

Region: Economics & Sociology, 2019, No. 1 (101), p. 201–224

N.M. Zhuravel

ECO-SOCIO-ECONOMIC EFFICIENCY OF DIGITAL ECONOMY TECHNOLOGIES UNDER SHORTAGE OF MANPOWER IN SIBERIAN REGIONS

The article assesses indicators of Siberian regions' economic development and identifies an urgent need for advanced digital technologies used in its raw materials regions. We consider efficiency for two groups of digital economy technologies – industrial and communication ones – from the standpoint of environmental and social risks. The article presents a brief analysis of the Digital Economy State Program in terms of it ensuring that industrial technologies are implemented with human resources. We show how relevant robotic technologies are today and how science and methodology substantiation of this path's efficiency follows research carried out in the 1980s. The main element of the substantiation is related to defining the impact of social factors on robotics efficiency under shortage of highly-skilled workforce in both creating and operating robotic systems. We reveal the essence and show advantages of additive technologies as the most promising digital technologies in the industrial group.

Keywords: eco-socio-economic efficiency; Siberian region; digital economy; robotics; shortage of manpower

*The publication is prepared within the priority XI.172
(project No. XI.172.1.1 (0325-2017-0010) No. AAAA-A17-117022250132-2)
according to the research plan of the IEIE SB RAS*

References

1. *Verzhakovskaya, M.A., V.Yu. Aronov & V.A. Osanov.* (2018). Tekhnologii additivnogo proizvodstva kak naibolee prioritetnye sovremennye tsifrovye tekhnologii [Additive manufacturing technologies as the most prospective modern digital technologies]. *Innovatsii [Innovations]*, 7, 23–27.
2. *Kalner, V.D.* (2018). Tsifrovaya ekonomika i ekologicheskaya bezopasnost zhiznedeyatelnosti [Digital economy and ecological safety of vital activity]. *Ekologiya i promyshlennost [Ecology and Industry of Russia]*, Vol. 22, No. 1, 62–67.
3. *Kiselev, V.N., S.S. Shuvalov & M.V. Pavlyuchkova.* (2017). O podkhode k planirovaniyu napravleniy nauchnykh issledovaniy i tekhnologicheskikh razrabotok, vostrebovannykh v tselyakh realizatsii planov po importozameshcheniyu v grazhdanskikh otraslyakh promyshlennosti [An approach to plan areas of scientific research and technological developments demanded for implementation of import substitution in civil branches of industry]. *Innovatsii [Innovations]*, 4, 42–52.
4. *Kozlovsky, V.A.* (1981). Organizatsionnye i ekonomicheskie voprosy postroeniya proizvodstvennykh sistem [Organizational and Economic Issues of Production Systems Construction]. Leningrad, Leningrad State University Publ., 216.
5. *Kravchenko, N.A., S.A. Kuznetsova & A.I. Ivanova.* (2017). Faktory, rezultaty i perspektivy razvitiya tsifrovoy ekonomiki na regionalnom urovne [Factors, results and perspectives of digital economy development at the regional level]. *Mir ekonomiki i upravleniya [World of Economics and Management]*, Vol. 17, No. 4, 168–178.
6. *Popov, E.V. & E.A. Semyachkov.* (2017). Otsenka gotovnosti otrasley RF k formirovaniyu tsifrovoy ekonomiki [An assessment of readiness of the branches of Russian Federation for formation of digital economy]. *Innovatsii [Innovations]*, 4, 37–41.
7. *Ryumina, E.V.* (2009). Ekonomicheskiy analiz ushcherba ot ekologicheskikh narusheniy [Economic Analysis of Environmental Disturbance Effect]. Moscow, Nauka Publ., 330.
8. *Technologyradar.* Vol. 5. Methodology. (1998). The Hague.

Information about the author

Zhuravel, Ninel Mikhaylovna (Novosibirsk, Russia) – Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor at the Chair of Modeling and Management of Industrial Production, Novosibirsk National Research State University (1, Pirogov st., Novosibirsk, 630090, Russia); Senior Researcher at the Institute of Economics and Industrial Engineering, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (17, Ac. Lavrentiev av., Novosibirsk, 630090, Russia, e-mail: nmzh2018@mail.ru).

Поступила в редколлегию 25.09.2018.

После доработки 21.10.2018.

Принята к публикации 24.10.2018.

© Журавель Н.М., 2019