

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2019, №2, Том 11 / 2019, No 2, Vol 11 <https://esj.today/issue-2-2019.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/52ECVN219.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Спешилова Н.В., Андриенко Д.А., Рахматуллин Р.Р., Спешилов Е.А. Анализ и оценка горизонтов применения технологии нейроинтерфейса при реализации концепции «Индустрия 4.0» в конкурирующем мировом экономическом пространстве // Вестник Евразийской науки, 2019 №2, <https://esj.today/PDF/52ECVN219.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Speshilova N.V., Andrienko D.A., Rakhmatullin R.R., Speshilov E.A. (2019). Analysis and evaluation of the horizons of application of neurointerface technology in the implementation of the concept of "industry 4.0" in a competitive global economic space. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 2(11). Available at: <https://esj.today/PDF/52ECVN219.pdf> (in Russian)

УДК 338.242.2

Спешилова Наталья Викторовна

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, Россия
Зав. кафедрой «Экономической теории, региональной и отраслевой экономики»
Доктор экономических наук, профессор
E-mail: spfenics@yandex.ru
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7618-9039>
РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=143271

Андриенко Дмитрий Александрович

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет», Оренбург, Россия
Доцент кафедры «Организации агробизнеса и моделирования экономических систем»
Кандидат сельскохозяйственных наук
E-mail: demos84@mail.ru
РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=546527

Рахматуллин Рустам Равильевич

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, Россия
Доцент кафедры «Экономической теории, региональной и отраслевой экономики»
Кандидат технических наук
E-mail: rakhmat8@mail.ru
РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=674386

Спешилов Евгений Алексеевич

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, Россия
Студент третьего курса кафедры «Управления и информатики в технических системах»
E-mail: evgenij.sp@mail.ru

**Анализ и оценка горизонтов применения
технологии нейроинтерфейса при реализации
концепции «Индустрия 4.0» в конкурирующем
мировом экономическом пространстве**

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы применения технологии нейроинтерфейса в рамках концепции «Индустрия 4.0». Авторами представлен процесс их трансформации и использования в различных отраслях экономики. Сделан акцент на промышленность, от уровня развития которой, особенно в наукоемких отраслях, зависит

обеспечение конкурентоспособности государства на мировом рынке. Приведена авторская классификация нейроинтерфейсов и основные их характеристики экономического и технического содержания для выявления проблем использования и оценки перспектив рынка нейротехнологий. Авторы описывают возможности и перспективы применения технологии подключения мозга человека к техническим и информационным системам, которая в настоящее время перешла от стадии научных опытов до реального применения в медицине, психологии, в игровой индустрии и, что особенно важно – в промышленности. В статье говорится, что, используя технологию нейроинтерфейса, можно одновременно удаленно выполнять какие-либо работы на производстве, обучать искусственный интеллект, стимулировать кору мозга, выявлять стресс и нервные расстройства, вызванные сложными и рутинными действиями. Авторы отмечают, что внедрение нейроинтерфейса в промышленность в рамках новой научно-технической революции способно вывести отрасль на передовой технологический уровень развития, создать качественно новые условия работы сотрудников, предотвратить социальное напряжение, связанное с заменой роботизированными системами человека на производстве. А благодаря проведенной группировке технологий нейроинтерфейса по трем категориям, представлен прогноз экономической отдачи от их разработки и внедрения опирающийся на мнения экспертов, что позволило обосновать синергетический и мультипликативный эффекты от их реализации в организации и управлении промышленными предприятиями и комплексами.

Ключевые слова: четвертая промышленная революция; Индустрия 4.0; нейроинтерфейс; управление; контроль; технологии; инновации; производство; промышленность

Страна, которая стремится занять одно из лидирующих мест в мировой экономике, должна постоянно повышать конкурентоспособность своей продукции и инвестиционную привлекательность предприятий, добиваться обеспечения достойного уровня качества готовых изделий, а также достижения технологической независимости в наиболее критических областях и постоянному росту производства в наукоемких отраслях.

В этом смысле промышленность всегда была локомотивом для развития любого государства. Она как губка – для повышения своей эффективности «впитывает в себя» все подходящие достижения науки и техники. Поэтому уровень развития промышленности страны, особенно в наукоемких отраслях, свидетельствует о здоровом развитии государства [1] и обеспечении его конкурентоспособности на мировом рынке. А достижение перечисленных выше целей возможно только благодаря постоянной модернизации на основе использования современных достижений науки и техники, а также новых информационно-коммуникационных технологий [2].

С каждым новым витком научно-технического прогресса промышленность получала новые виды сырья и энергии, обрабатывающие мощности (станки, оборудование, инструменты), промышленные технологии и способы управления ими. Очередная (четвертая) научно-техническая революция, проходящая в настоящее время и названная «Индустрия 4.0», предоставляет для развития промышленности такие ключевые технологии как: управление жизненным циклом изделия, а также большими базами данных вместе с аналитикой; продуманный завод; киберфизические системы; интероперабельность; 3D-печать; нейроинтерфейс; дополненная и виртуальная реальность. Все эти новинки постепенно внедряются в промышленность, подчас кардинально меняя всю картину производства¹.

¹ 6 составляющих Industry 4.0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.plm.pw/2016/09/The-6-Factors-of-Industry-4.0.html>, своб. (дата обращения: 14.03.2019).

Четвертая промышленная революция подразумевает переход к роботизированному производству и созданию «умных» заводов, где произойдет автоматизация абсолютно всех процессов и этапов производства – от проектирования изделия, до его утилизации². Развитие таких высокоавтономных «умных» предприятий позволит использовать их в различных режимах и условиях окружающей среды (в том числе в космосе при добыче полезных ископаемых на астероидах³).

В связи с высоким автоматизмом, сложностью технологических цепочек и отслеживанием всех процессов в режиме реального времени на заводах будущего будут применены и новые системы управления: начиная от систем принятия решения на основе искусственного интеллекта и до использования нейроинтерфейса при выполнении некоторых технологических операций, недоступных для простых компьютеризированных систем [3; 4]. Поэтому дальнейшее развитие систем интеграции человеческого мозга и искусственных интеллектуальных систем для удаленного управления различными роботизированными системами и манипуляторами является на сегодняшний день наиболее актуальным.

На данный момент имеется несколько видов классификаций нейроинтерфейсов, одна из которых берет начало от способа подключения мозга к компьютерным системам: инвазивный, полунинвазивный и неинвазивный (табл. 1).

Таблица 1

Особенности нейроинтерфейсов по способу подключения к пользователю

Сравнительные характеристики	Виды нейроинтерфейсов		
	инвазивные	полунинвазивные	неинвазивные
Способ соединения с мозгом	Контакты вживляются в мозг, соединяясь непосредственно с нужным нейроном	Контакты присоединяются к поверхности коры головного мозга, не проникая внутрь	Контакты находятся на поверхности головы, не присоединяясь к мозгу напрямую. Контакты улавливают электромагнитное поле
Точность	Высокая, т. к. электрон подсоединяется непосредственно к необходимому нейрону	Средняя, т. к. электрон, хоть и присоединен к головному мозгу, но находится на его поверхности	Низкая, т. к. электрон не контактирует с мозгом, а улавливает изменения электромагнитного поля в соответствии с мыслями пользователя
Трудности использования	Сложно найти необходимый нейрон из-за плотности их расположения в мозге. Клетки мозга, контактирующие с электродом, постепенно отмирают	Клетки мозга, контактирующие с электродом, постепенно отмирают	Из-за низкой точности требует дополнительных настроек

Составлено авторами [5]

При разработке способа подключения к нервным окончаниям человека и создании нейроинтерфесов основная проблема возникает при понимании и точной оценке сигналов, поступающих от мозга или в мозг [6; 7]. Исследования и разработки в данной области

² Industry 4.0: What'sNext [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sap.com/cis/documents/2017/05/bae613d3-b97c-0010-82c7-eda71af511fa.html>, своб. (дата обращения: 08.05.2019).

³ The US Geological Survey Is Getting Serious About Space Resources and Mining [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://www.space.com/41707-space-mining-usgs-resource-survey.html>, своб. (дата обращения: 10.05.2019).

продолжаются непрерывно: происходит снижение стоимости компонентов, активно развиваются неинвазивные («некалечащие») технологии подключения, создаются самообучающиеся компьютерные алгоритмы для анализа сигналов мозга и системы «шумоподавления», разрабатываются механизмы подключения нейроинтерфейса к пользовательским, бытовым, игровым и промышленным системам. Так, по прогнозам аналитической компании Markets and Markets рынок нейроинтерфейсов будет активно расти вслед за усовершенствованием самой технологии. При этом спрос на биосовместимые материалы будет дополнительно стимулировать рост рынка. Объем рынка нейроинтерфейсов увеличится в период с 2014 г. по 2020 г. на 12 % [8]. Также согласно анализу агентства Grand View Research, объем глобального рынка компьютерных интерфейсов к 2022 г. достигнет 1,72 млрд долларов⁴.

На сегодняшний день современный рынок нейроинтерфейсов представлен лишь несколькими компаниями, которые недавно начали серийно выпускать и продавать свои устройства для домашнего пользования. В большинстве случаев, представленные на рынке устройства имеют ограниченный функционал и ряд недостатков (табл. 2).

Таблица 2

Характеристики современных нейроинтерфейсов

Показатели	Компании-производители									
	BasisNeuro	Neurosky	Emotiv	Muse	AntNeuro	Blackrock Microsystems	NeuroWear	Openbci	PersonalNeuroDevices	FocusBand
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Цена, \$	700	200	800/300	269	-	3500	50	800	100	500
Наличие неинвазивности	да	да	да	да	да	нет	да	да	да	да
Наличие в устройстве технологий и датчиков:										
Беспроводная связь	да	да	да	да	да	нет	нет	да	да	да
Количество датчиков (активных)	4	1	14/5	3	-*	-*	1	4/8/16	4	4
Вывод информации на компьютер	да	да	да	да	да	да	нет	да	да	да
Вывод информации на смартфон	да	да	да	да	нет	нет	нет	нет	нет	нет
Пакет для разработки	да	да	да	да	нет	нет	нет	нет	нет	нет
Считывание ЭЭГ	да	да	да	да	да	да	нет	да	да	да
Считывание ЭМГ	да	да	да	да	да	нет	нет	да	да	да
Управление внешними устройствами осознанными командами	да	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
Управление персонажем в играх	да	да	да	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
Предоставление рекомендаций	да	нет	нет	да	да	да	да	да	да	да
Считывание ЭКГ	да	да	нет	да	да	да	да	да	да	да
Пульсометр	да	да	нет	да	да	да	да	да	да	да
Акселерометр	нет	нет	да	нет	да	да	да	да	да	да
Гироскопы	нет	нет	да	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
Изменчивость сердечного ритма	да	да	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
Мониторинг уровня утомляемости	да	да	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет

⁴ BasisNeuro [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://basisneuro.com/BasisNeuro_whitepaper_v.1.0_ru.pdf, своб. (дата обращения: 20.03.2019).

Показатели	Компании-производители									
	BasisNeuro	Neurosky	Emotiv	Muse	AntNeuro	Blackrock Microsystems	NeuroWear	Openbci	PersonalNeuroDevices	FocusBand
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Мониторинг уровня внимания	да	да	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
Поддержка медитации	да	да	нет	да	нет	нет	нет	нет	нет	нет
Мониторинг удовлетворенности /лояльность	да	да	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
Уровень стресса	да	да	нет	да	нет	нет	нет	нет	нет	нет

Составлено авторами по источникам⁴: *информация отсутствует

По данным таблицы видно, что на сегодняшний день рынок нейроинтерфейсов поделен между несколькими игроками, выпускающими различные по характеристикам устройства. При этом основные «детские болезни» технологии уже пройдены и происходит наращивание функционального разнообразия и многозадачности.

С увеличением количества производителей и разработчиков технологии происходит постепенное формирование облика применения нейроинтерфейса в различных областях жизни человека. Так, на данный момент, при изучении основных технических и технологических идей разработки можно выделить рынки применения нейроинтерфейса и спрогнозировать дальнейшие перспективы его использования (табл. 3). Представленный в таблице материал расположен с учетом нарастания, вложения и усложнения формализации функций технологии.

Таблица 3

Перспективы применение нейротехнологий по отраслям и основным направлениям

Отрасль (направление)	Рыночная ниша	Перспективы применения
1	2	3
Разработка и управление техническими системами	анализ в реальном времени, получение сигнала, обработка сигнала, устройства выдачи сигнала (стимуляторы), гибридные интерфейсы мозг-компьютер, искусственный интеллект и машинное обучение	более быстрое обучение искусственного интеллекта (ИИ), написание программ, контроль ошибок кода, анализ и правки информационных систем в реальном времени
Коммуникация и управление устройствами	интерфейсы для смартфонов, общение с компьютером	непосредственное управление электронными гаджетами и компьютером
Индустрия развлечений	коммерческие игры, кинотеатры, искусство, спорт	создание новой индустрии – игры полного погружения, дистанционный спорт, лучшее раскрытие творческих качеств и более быстрое создание фильмов, картин, музыки и других видов искусств, новые устройства ввода-вывода
Управление «умными» бытовыми устройствами	распределенный интеллект, домотика (domotics), рынок заботы о пожилых людях и детях	управление бытовыми устройствами, передача информации непосредственно через мозг, общение и контроль за незащищенными слоями населения, реакция на состояние хозяина

Отрасль (направление)	Рыночная ниша	Перспективы применения
1	2	3
Маркетинг и финансы	исследования рынка, исследования и поддержка принятия решений нейроэкономика, биржа	обратная связь реакции на рекламные элементы, стимулирование поведения потребителя, таргетирование акций
Биометрия	рынок носимых электронных устройств, считывающих параметры человека, одежда и аксессуары	оперативный контроль параметров организма человека и отслеживание динамики, определение психологических параметров и состояний, тело как PIN-код и устройство ввода-вывода
Медицина	протезы конечностей, сенсорные устройства, проблемы с зависимостями, реабилитация, терапия, диагностика, мониторинг	восстановление двигательных, сенсорных функций организма, лечение заболеваний нервной системы, в т.ч. фобий и зависимостей, корректировка поведения, ускорение реабилитации, создание метода «фитнес для мозга»
Образование	машинно-ассистируемые образовательные форматы, образовательные игры, медитация	новые способы обучения, управление внимания, новые когнитивные методики, медитация в системе принятия решений, дистанционное и виртуальное обучение
Военные технологии	роботизированные «Аватары» боевой техники, нейросвязь, интеллект поля боя, экзоскелеты и боевые скафандры	управления сложной боевой техникой, включая дистанционно, связь непосредственно передачей мысленных сообщений, подключение аналитиков в единую систему, создание боевых скафандров для работы в различных условиях
Обеспечение безопасности	публичный транспорт, МЧС и пожарные, полиция, контроль процессов, банковская безопасность, безопасность в сельском хозяйстве	системы для кризисных центров, скорейшее и качественное обеспечение безопасности транспортного сообщения, гражданского общества и других государственных систем
Промышленность	промышленные роботы, нейросенсоры, операторские группы, системы инженерного проектирования	более эффективное управления роботами, работающими в опасных условиях, оперативное управление сложными промышленными объектами, создание поддерживающего инструмента для распределенных групп

Составлено авторами по источникам⁵

Из таблицы видно, что область внедрения технологии достаточно широка: в какой-то отрасли уже используются данные системы, а для какого-то направления только еще обсуждается выбор стратегии реализации. Например, медицина, где уже имеется зафиксированный экономический эффект от нейропротезов; биометрия – разнообразие продаваемых носимых электронных устройств, показывающих настроение человека. Но провести формализованную оценку развивающегося рынка «умных» домов, новых способов обучения и управления вниманием, инновационных когнитивных методик в системе принятия решений, военных технологий очень затруднительно из-за недостаточности на сегодняшний день требуемого объема статистических данных аналитического характера. В этой же связи, затруднительно рассчитать единый экономический эффект от внедрения технологий нейроинтерфейса в различные сферы жизнедеятельности. Поэтому, считаем возможным прибегнуть к мнениям экспертов по каждой отдельной области, сгруппировав их по трем

⁵ Анализ состояния и динамики мирового рынка нейротехнологий Neuro [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: http://sibfrontier.ru/wp-content/uploads/2015/04/RVK_Analiz-sostoyaniya-i-dinamiki-mirovogo-ryinka-neyrotehnologiy_2015.pdf, своб. (дата обращения: 11.05.2019).

выделенным (согласно технологии влияния, как на оператора, так и на оперируемые объекты) категориям:

1. сама технология нейроинтерфейса вышла из медицины, при изучении активности мозга, поэтому первая категория – технология мониторинга активности мозга оператора;
2. вторая категория исходит из решения проблем самого человека-оператора, которые выявляются мониторингом, поэтому она называется технологией стимуляции. Мониторинг мозга при использовании данной технологии позволит отследить реакцию человека на те или иные события, выявить зависимости и отклонения, а технология симуляции позволит активизировать неактивные или нерабочие участки мозга, а также улучшить память, реакцию и провести, в дальнейшем, нейрокоррекцию;
3. прежде всего, основная задача нейроинтерфейса, для которого он и создавался – это прямое или не прямое управление кибернетическими системами посредством сигналов мозга, поэтому данная категория так и называется – технология управления.

В различных отраслях и сферах деятельности данные группы представлены в различной степени своего проявления. Представим прогноз экономической отдачи от разработки и внедрения технологии нейроинтерфейса, опирающийся на мнения экспертов и распределенный по выделенным группам.

I. Технология мониторинга. В данную категорию можно отнести такие отрасли как биометрия, маркетинг и финансы, частично медицину и промышленность.

Так, аналитики компании CCS Insight сообщают, что в 2018 г. в мире рынок носимых электронных устройств составил 117 млн таких устройств, в том числе с интегрированными системами нейроинтерфейса, а к 2022 г. продажи достигнут 233 млн ед., или около 27 млрд долл.⁶

В марте 2018 г. ученые Саратовского государственного университета начали разработку аппарата на основе технологии нейроинтерфейса для улучшения качества сна и контроля пробуждения [9].

Расширяются сферы применения неинвазивных технологий контроля за мозговой деятельностью на различных предприятиях. Например, рабочих китайских компаний начали оснащать защитными шлемами, которые считывают мозговые волны и отправляют информацию на компьютеры, использующие алгоритмы искусственного интеллекта для обнаружения эмоциональных всплесков, таких как депрессия, тревога и ярость, а также заводит электронное досье⁷. Данные технологии реализованы уже более чем на десятке фабрик и предприятий, таких как State Grid Zhejiang Electric Power, в корпорации Hangzhou Zhongheng Electric, Ningbo Shenyang Logistics и пр. Прибыль компании State Grid Zhejiang Electric Power увеличилась примерно на 315 млн долл. с тех пор, как была внедрена данная технология в 2014 г. [10].

⁶ CCS Insight [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ccsinsight.com/>, своб. (дата обращения: 10.05.2019).

⁷ 'Forget the Facebook leak': China is mining data directly from workers' brains on an industrial scale [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://www.scmp.com/news/china/society/article/2143899/forget-facebook-leak-china-mining-data-directly-workers-brains>, своб. (дата обращения: 10.05.2019).

В России подобной системой хотят оснастить водителей школьных автобусов. Так, рабочей группой НТИ «Нейронет» была разработана система контроля бодрствования. Систему запускают в рамках пилотного проекта в Новгородской области и ею уже оснастили шесть школьных автобусов⁸.

II. Технология стимуляции. К этой категории можно отнести образование, частично медицину, индустрию развлечений и военные технологии.

Распространение данной технологий на все уровни системы образования позволит создать совершенно новый коммерческий продукт – рынок когнитивной оценки и обучения, который как ожидается, вырастет с 1,98 млрд долл. США в 2016 г. до 8,06 млрд долл. США к 2021 г. Спрос на продукцию сегмента в целом будет формироваться в государственной и частной сферах. Особое значение развитию сегмента придает возможность реализации образовательных онлайн-проектов⁹.

Технология подключения мозга человека к информационным системам пришла в психологию и игровую индустрию. Уже отрабатывается технология создания нейропомощника для медитации и игр с обратной связью. Например, канадский стартап Intera Xon, выпустил в 2014 г. устройство для медитации Muse [11]. «Только по тематике нейроразвлечения и спорта мы предполагаем, что рынок использования нейротехнологий к 2035 году составит не менее 634 млрд долларов», – поделился своим прогнозом Владимир Статут¹⁰.

III. Технология управления. Это самая большая и активно развивающаяся категория, куда входит большинство из перечисленных выше отраслей и направлений внедрения нейроинтерфейса, представленных в таблице 3.

При этом происходит постоянное и активное расширение рынка применения нейротехнологий. Так, например, в 2012 г. полностью парализованной женщине, участнице эксперимента, организованного проектом BrainGate2, удалось самостоятельно выпить кофе. В 2017 г. ученые из компании Brain Gate разработали нейроинтерфейс, способный легко адаптироваться к быстрому и точному управлению протезом [12]. В конце 2018 г. компания Neurotrans разработала систему «Нейрочат». Она предназначена для пациентов с ограниченными физическими способностями и помогает им набирать на экране отдельные слова и фразы, которые затем могут передаваться собеседнику¹¹.

Государственная корпорация Ростех уже создала образец устройства для обмена информацией между мозгом и каким-либо внешним устройством: бытовыми приборами, компьютером, экзоскелетом, искусственными органами чувств, инвалидной коляской¹².

Согласно «Стратегии развития электронной промышленности России на период до 2025 года» должно быть обеспечено постоянное соединение каждого индивидуума с глобальными

⁸ Водителей школьных автобусов хотят обязать носить нейрокепки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [URL:https://ria.ru/20181214/1547964891.html](https://ria.ru/20181214/1547964891.html), своб. (дата обращения: 22.03.2019).

⁹ Cognitive Assessment and Training Market by Assessment Type [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://www.researchandmarkets.com/reports/4199125/cognitive-assessment-and-training-market-by>, своб. (дата обращения: 09.05.2019).

¹⁰ Бизнес-перспективы нейроинтерфейсов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://mir24.tv/news/16278559/biznes-perspektivy-neirointerfeisov>, своб. (дата обращения: 12.05.2019).

¹¹ В России приступили к тестированию отечественного нейроинтерфейса «Нейрочат» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://habr.com/ru/post/437040/>, своб. (дата обращения: 22.03.2019).

¹² Ростех планирует выпустить в свободную продажу шлем-нейроинтерфейс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://rostec.ru/news/rostekh-planiruet-vypustit-v-svobodnyu-prodazhu-shlem-neyrointerfeys1/>, своб. (дата обращения: 24.03.2019).

информационно-управляющими сетями типа Internet¹³. Широкое распространение должны получить встроенные беспроводные наноэлектронные устройства нейроинтерфейса, обеспечивающие постоянный контакт человека с окружающей его интеллектуальной средой [8].

Так, рынок медицинских роботизированных систем и протезирования достиг в 2018 г. 13,6 млрд долл., а по прогнозу экспертов, при использовании нейроприложений и устройств для медицины в течение следующих пяти лет достигнет 50,5 млрд долл. «Приблизительная оценка рынка управляющего программного обеспечения – 25 млрд руб. только в России» – говорится в докладе¹⁴.

Параллельно ведутся исследования в области не только медицины и протезирования, но и игровых развлечений. В 2003 г. шведской компанией Interactive Productline была разработана настольная игра Mindball, в которой два игрока с помощью электрической активности своего мозга управляют катящимся по столу мячиком. Еще одна интересная разработка представлена компанией Open Water – нейроинтерфейс для телепатии [13].

В США протестировали и приступили к созданию нейроинтерфейса для промышленного применения. Основная задача комплекса – сварка металлических изделий на фабриках и заводах. Ученые уверены, что оператор сварочного робота сможет легко управлять манипулятором через непосредственное подключение к мозгу, при этом находясь в совершенно безопасном месте. В таком случае не теряются рабочие места, нет удорожания производства, повышается комфорт и безопасность здоровья рабочих¹⁵. «Напротив, программирование промышленного робота и интеграция его в производственную линию – настолько кропотливый процесс, требующий привлечения отдельного специалиста, что для фабрик среднего размера экономического смысла в этом нет»¹⁵.

Результаты анализа глобального рынка робототехники компанией Tractica показали, что это самый быстро развивающийся рынок. Доходы от продаж промышленных и других роботов в 2022 г. составят 237,3 млрд долл. Основу составляют промышленные роботы, которые начинают оснащать нейроинтерфейсом для более комфортной работы операторов¹⁶.

Все существующие и разрабатываемые нейротехнологии прямо или косвенно могут использоваться в процессе организации и управления промышленным производством, а значит, влияют и на развитие промышленности, как конечного потребителя основных научно-технических инноваций. Причем, программирование искусственного интеллекта для выполнения промышленных операций возможно в том случае, если эти действия будут циклические и шаблонные. Заменить, таким образом, человека на производстве все еще достаточно сложно, так как существуют технологические операции, выполнить которые может только человек. Однако, внедрение искусственного интеллекта в опасные для здоровья человека производства, находится в стадии активной разработки и считается перспективным. Используя технологию нейроинтерфейса можно одновременно удаленно выполнять какие-

¹³ Приказ Министерства промышленности и энергетики РФ от 7 августа 2007 г. № 311 “Об утверждении Стратегии развития электронной промышленности России на период до 2025 года” [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/91853/>, своб. (дата обращения: 14.03.2019).

¹⁴ Medical Robotic Systems Market – Snapshot [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://www.transparencymarketresearch.com/medical-robotic-systems.html>, своб. (дата обращения: 11.05.2019).

¹⁵ Нейроинтерфейс изменит сложный процесс сварки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://building-tech.org/nejrointerfejs-izmenit-slozhnyj-process-svarki/>, своб. (дата обращения: 19.03.2019).

¹⁶ Tractica. Robotics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tractica.com/research/#robotics>, своб. (дата обращения: 10.05.2019).

либо работы на производстве, обучать искусственный интеллект, стимулировать кору мозга, выявлять стресс и нервные расстройства, вызванные сложными и рутинными действиями.

Следует отметить, что эффект как технического, так и экономического характера, описанный в рамках каждой из выделенных групп, может поэтапно трансформироваться, аккумулироваться и накапливаться. Так, эффект второй группы автоматически усиливается эффектом от применения разработок первой группы, а эффект третьей увеличивается за счет двух предыдущих, так как все находится в тесной взаимосвязи. Таким образом, создаются синергетический и мультипликативный эффекты, которые достигают своего максимума именно в промышленности, функционирующей в условиях Индустрии 4.0, и от которой непосредственно зависит развитие и конкурентоспособность государства.

В заключении отметим, что внедрение нейроинтерфейса в промышленность в рамках новой научно-технической революции способно вывести отрасль на передовой технологический уровень развития, создать качественно новые условия работы сотрудников, предотвратить социальное напряжение, связанное с заменой роботизированными системами человека на производстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Масленников М.И. Технологические инновации и их влияние на экономику // Экономика региона. – 2017. – Т. 13. – Вып. 4. – С. 1221–1235.
2. Schwab К. The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>, своб. (дата обращения: 15.03.2019).
3. Тенденции развития экономики России на фоне общемировых трендов в условиях четвертой промышленной революции [Электронный ресурс] / Н.В. Спешилова [и др.] // Вестник Евразийской науки. – 2018. – №6. – Режим доступа: URL: <https://esj.today/PDF/39ECVN618.pdf>, своб. (дата обращения: 15.03.2019).
4. Shepel V.N., Speshilova N.V., Kitaeva M.V. Technology Of Management Decision-Making At Industrial Enterprises In The Digital Economy [Электронный ресурс] // International Scientific Conference "Global Challenges and Prospects of the Modern Economic Development" (Samara State University of Economics, Samara, Russia 06–08 December 2018). – The European Proceedings of Social & Behavioural Sciences EpSBS – VOLUME LVII-GCPMED 2018. – P. 1520–1531. – Режим доступа: URL: <https://www.futureacademy.org.uk/files/images/upload/GCPMED%202018F155.pdf> – DOI: <https://dx.doi.org/10.15405/epsbs.2019.03.155>, своб. (дата обращения: 14.03.2019).
5. Боровский А.С., Спешиллов Е.А. Нейроинтерфейс: возможности и перспективы в управлении процессом производства // Результаты комплексных исследований в области высоких технологий: сб. статей по итогам Международной научно-практической конференции. – Уфа: АЭТЕРНА, 2019. С. 19–24.
6. Berenzweig A. Rethinking HCI with Neural Interfaces [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://www.infoq.com/presentations/hci-ctrlabsco>, своб. (дата обращения: 11.05.2019).
7. Zander T.O. Team Phy PA: Brain-computer interfacing for everyday human-computer interaction [Электронный ресурс] // Professional network for scientists and

- researchers «ResearchGate», 2017. 61(2). pp. 209–216. – Режим доступа: URL: https://www.researchgate.net/publication/317752429_Team_PhyPA_Brain-computer_interfacing_for_everyday_human-computer_interaction, своб. (дата обращения: 14.03.2019).
8. Спешилова Н.В., Андриенко Д.А., Спешилов Е.А. Перспективные направления развития информационных технологий управления техническими системами в быту и на производстве // Научно-технический прогресс как фактор развития современного общества: сб. статей по итогам Международной научно-практической конференции. – Уфа: АЭТЕРНА, 2018. – С. 116–122.
 9. Орлов С. Нейроинтерфейс находит применение в медицине [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://www.computerra.ru/234398/nejrointerfejs-nahodit-primenenie-v-meditsiine/>, своб. (дата обращения: 23.03.2019).
 10. Eustachewich L. Bosses read workers' minds: It's not the future, it's now [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://nypost.com/2018/04/30/chinese-companies-are-monitoring-employees-brains/>, своб. (дата обращения: 08.05.2019).
 11. Shishkin S.L. EEG Negativity in Fixations Used for Gaze-Based Control: Toward Converting Intentions into Actions with an Eye-Brain-Computer Interface [Электронный ресурс] // Community-rooted, open-access academic publisher «Frontiers». – Режим доступа: URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnins.2016.00528/full>, своб. (дата обращения: 12.03.2019).
 12. Яковлева М.С., Кукарцев В.В. Нейроинтерфейсы: понятие, направления и проблемы развития // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2014. – №10. – Том 1. – С. 401–402.
 13. Eagleman D. In 2019, we will leverage technology to create new senses [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://www.wired.co.uk/article/david-eagleman-brain-data-streams>, своб. (дата обращения: 09.09.2019).

Speshilova Natalya Viktorovna

Orenburg state university, Orenburg, Russia
E-mail: spfenics@yandex.ru

Andrienko Dmitry Aleksandrovich

Orenburg state agrarian university, Orenburg, Russia
E-mail: demos84@mail.ru

Rakhmatullin Rustam Ravilyevich

Orenburg state university, Orenburg, Russia
E-mail: rakhmat8@mail.ru

Speshilov Evgeny Alekseevich

Orenburg state university, Orenburg, Russia
E-mail: evgenij.sp@mail.ru

Analysis and evaluation of the horizons of application of neurointerface technology in the implementation of the concept of "industry 4.0" in a competitive global economic space

Abstract. The article deals with the application of neurointerface technology in the framework of the concept of "industry 4.0". The authors present the process of their transformation and use in various sectors of the economy. The emphasis is placed on the industry, the level of development of which, especially in high-tech industries, depends on the competitiveness of the state in the world market. The author's classification of neurointerfaces and their main characteristics of economic and technical content to identify the problems of using and assessing the prospects of the market of neurotechnologies are given. The authors describe the possibilities and prospects of applying the technology of connecting the human brain to technical and information systems, which has now moved from the stage of scientific experiments to the real application in medicine, psychology, in the gaming industry and, most importantly – in industry. The article says that using the technology of neurointerface can simultaneously remotely perform any work in the workplace, to train artificial intelligence, stimulate the cerebral cortex, to detect stress and nervous disorders caused by complex and routine actions. The authors note that the introduction of the neurointerface in the industry in the framework of the new scientific and technical revolution is able to bring the industry to the advanced technological level of development, to create qualitatively new working conditions for employees, to prevent social tension associated with the replacement of human robotic systems in the workplace. And thanks to the grouping of neurointerface technologies in three categories, a forecast of the economic impact of their development and implementation based on the opinions of experts is presented, which allowed to justify the synergetic and multiplicative effects of their implementation in the organization and management of industrial enterprises and complexes.

Keywords: fourth industrial revolution; industry 4.0; neurointerface; management; control; technology; innovation; manufacturing; industry