

Перспективы технологического развития сектора машиностроения в Красноярском крае (форсайт-исследование)¹

В.С. ЕФИМОВ, кандидат физико-математических наук, Сибирский федеральный университет, Центр стратегических исследований и разработок. E-mail: efimov.val@gmail.com

А.В. ЛАПТЕВА, Сибирский федеральный университет, Центр стратегических исследований и разработок,

Л.А. ОБОРИН, доктор технических наук, Сибирский государственный университет науки и технологий им. акад. М.Ф. Решетнева, Институт «Ракетно-космическая техника и технологии», Красноярск

Исследование направлено на определение перспектив технологического развития машиностроения в Красноярском крае – одном из крупных промышленных регионов Российской Федерации. На основе анализа технологических прогнозов, подготовленных российскими и зарубежными «фабриками мысли», серии глубинных экспертных интервью авторами выделены ключевые тренды изменений в машиностроении: революция материалов; цифровизация процессов; когнитивизация больших систем; институциональная трансформация. Разработан «карта» новых технологий в машиностроении для оценки их перспективности; проведен анкетный опрос экспертов, по итогам которого выделены 6 группировок (кластеров) технологий с различной степенью перспективности для модернизации и создания новых производств в Красноярском крае. Исследование показывает, что ожидаемые технологические изменения в региональном машиностроении соответствуют мировым трендам цифровизации и роботизации производств, при этом они будут происходить в виде «догоняющей» модернизации. Кроме того, характерная для края сложная экологическая ситуация определяет высокую приоритетность технологий мониторинга негативных воздействий на среду, диагностики состояния машин и оборудования, обеспечения производственной и экологической безопасности и т.п.

Ключевые слова: машиностроение; региональная экономика; технологический форсайт; цифровые технологии

¹ Исследование выполнено при поддержке краевого государственного автономного учреждения «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности» в рамках реализации проекта: «Перспективы формирования цифровой экономики в Красноярском крае: приоритетные направления, технологии, кадры».

Введение

Сектор машиностроения по праву считается одним из наиболее «интеллектоемких» в экономике. В то же время его базовые технологии, используемые в России, создавались еще в рамках 3-го и 4-го технологических укладов и до сих пор во многом сохраняют их специфику, которая выражается как в используемых материалах и способах их обработки, так и в формах организации производства. При этом во всем мире промышленное развитие сегодня разворачивается на основе технологий 5-го уклада [Глазьев, 2008] – «цифровой революции».

По оценкам консалтинговой компании McKinsey, доля цифровой экономики в России составляла в 2015 г. 3,9% ВВП, в то время как в странах-лидерах она достигала: 10,9% ВВП в США, 10,0% ВВП в Китае, 8,2% ВВП в странах Европейского союза [Цифровая Россия..., 2017. С. 34]. При этом в 2011–2015 гг. цифровая экономика в России росла в 8,5 раза быстрее экономики в целом и обеспечила около 25% прироста ВВП. Производительность труда, рассчитанная по паритету покупательной способности, в России в 2016 г. составляла 52 тыс. долл. США, что в 2,3 раза ниже, чем в США и в 1,77 раза, чем в группе стран ЕС (Великобритания, Германия, Испания, Италия, Франция, Швеция). Производительность в обрабатывающей промышленности в России в 2016 г. составила 45 тыс. долл. США, что было в 3,84 раза ниже, чем в США, и в 1,98 раза ниже, чем в группе стран ЕС. Отставание России от стран ЕС по уровню цифровизации сильнее всего проявляется в добывающей промышленности (кроме нефти и газа) – на 66%, на транспорте и в складировании – на 56%, в обрабатывающей промышленности – на 53% [Цифровая Россия..., 2017. С. 32, 40].

Системное видение перспектив технологического развития в увязке с экономическими, социальными, политическими, антропологическими изменениями предлагается в рамках концепции четвертой промышленной революции [Schwab, 2017]. Направления технологического развития машиностроения обсуждаются в ряде научных публикаций и докладов. С.Ю. Глазьев и В.В. Харитонов указывают на «революционирующий» потенциал методов нанотехнологий (измерений и прецизионного позиционирования), которые будут применяться для высокоточной обработки деталей и поверхностей; наноструктурированных

и нанокompозитных покрытий; в перспективе – нанороботов [Глазьев, 2009]. Г.И. Идрисов и др. «сквозными» изменениями в промышленности считают автоматизацию, роботизацию, интеллектуализацию (в целом – «цифровую трансформацию») производственных процессов; использование сенсоров, а также цифровых моделей объектов и процессов [Идрисов, 2017]. И.Г. Дежина, А.К. Пономарев рассматривают применение программных продуктов (CAD/CAM/CAE), промышленной робототехники и межмашинных взаимодействий (M2M), аддитивных технологий и новых материалов [Дежина и др., 2015; Дежина и Пономарев, 2014]. В проекте «Промышленный и технологический форсайт Российской Федерации» акцентирован переход к «умным» производствам, «умным» средам и системам в разных секторах, включая машиностроение [Княгинин, 2012; «Умные» среды..., 2012]. О.И. Карасевым, Ю. Дехтяруком представлены результаты форсайтов авиационно-промышленного комплекса и судостроения [Карасев и др., 2012; Карасев, 2014; Dekhtyaruk et al., 2014]. В «Прогнозе научно-технологического развития России: 2030» показаны возможности новых материалов и нанотехнологий, а также разносторонне обсуждены перспективы транспортных и космических систем [Абдрахманова и др., 2014]. Ассоциацией EFFRA разработан для ЕС концепт и дорожная карта «Фабрики будущего» (высокопроизводительное, адаптивное, ресурсоэффективное «цифровое» производство) [European Commission, 2013].

В рамках проекта «Промышленный и технологический форсайт Российской Федерации на долгосрочную перспективу» [Княгинин, 2012; «Умные» среды, 2012] было показано, что создание конкурентоспособных российских предприятий машиностроения требует глубокой технологической и управленческой модернизации бизнеса, включая:

- переход к цифровому проектированию деталей, механизмов и машин, использование автоматизированного проектирования;
- переход к «умным системам», «умным средам», «умным производствам», включающим «рой умных вещей», «самообучающихся» промышленных роботов, самоорганизующиеся роботизированные производственные системы и т.д.;
- массовую интеграцию новых композитных материалов в проектирование и производство деталей и машин;

- модульную организацию производств, выстраивание интегрированных технологических цепочек, использование аутсорсинга и др.

Постановка задачи и метод

Сектор машиностроения Красноярского края включает в себя более 300 предприятий, составляющих три основные группы²: 1) высокотехнологичные, продукция которых востребована на общероссийском и мировом рынках (АО «Информационные спутниковые системы им. ак. М. Ф. Решетнева», ОАО «НПП “Радиосвязь”», ОАО «ЦКБ “Геофизика”», ОАО «Красмаш» и др.); 2) предприятия традиционного машиностроения, ориентированные на российский рынок (ОАО «Красноярский завод холодильников “Бирюса”», ОАО «Красноярская судостроительная верфь», ООО «КиК», ООО «Литейно-механический завод “СКАД”» и др.); 3) новые предприятия сервисного обслуживания, специализирующиеся на производстве машин и оборудования для базовых отраслей края (ОАО «Красноярский электровагоноремонтный завод», ЗАО «ОКБ «Зенит», ООО «Вариант-999», ООО «ТАЙГАМАШ», ООО «Хенкон Сибирь», ООО «НТ-сервис», ООО «Авиатехцентр» и др.). Вклад сектора в промышленное производство края составляет 5,4%, при этом на предприятиях машиностроения занято 4,7% от общей численности занятых в экономике региона³.

Происходящие в мире и в России технологические изменения несут для красноярского машиностроения специфические возможности и риски – как в среднесрочной (5–10 лет), так и в долгосрочной (10–20 лет) перспективе. Возможности могут быть связаны с повышением производительности труда, снижением издержек, созданием новых продуктов; риски – с тем, что в результате технологического отставания региональные предприятия будут вытеснены с существующих рынков и не получат доступ к новым.

Для того, чтобы ответить на вопросы о направлении, глубине и масштабе возможных технологических изменений в секторе

² Концепция промышленной политики Красноярского края до 2030 года. URL: www.sppkk.ru/wp-content/uploads/2015/07/Kontsepsiya-2030.docx

³ Отраслевая программа «Развитие машиностроения Красноярского края на 2018–2020 гг.». URL: http://www.krskstate.ru/dat/bin/docs_attach/73964_667_r.pdf

машиностроения региона, было проведено исследование перспектив его технологического развития с использованием форсайт-технологий (анализ глобальных трендов, экспертные интервью, экспертный опрос и др.). В структуру исследования вошли:

1) анализ научных публикаций, аналитических докладов, форсайтов, прогнозов и программных документов Российской Федерации для определения глобальных трендов и перспектив технологического развития;

2) разработка обобщенной структуры деятельности в машиностроении как основы для структурирования (оформления «карты») новых технологических решений;

3) опрос экспертов для оценки: а) перспектив использования новых технологий на существующих предприятиях машиностроения в Красноярском крае; б) перспектив использования технологий для создания новых производств в крае и в России; в) наличия задела НИОКР по различным направлениям технологических разработок; г) перспектив выхода на мировой рынок результатов НИОКР;

4) разработка «карты» возможностей использования перспективных технологий на основе анализа результатов: а) исследований (п. 1), б) экспертных интервью (п. 3).

Результаты исследования

Технологическое развитие в сфере машиностроения определяется глобальными технологическими трендами, ключевыми из которых считаются:

- *цифровая революция* – цифровизация процессов проектирования машин и механизмов, организации их производства, управления изменениями;

- *революция материалов и процессов* – создание материалов с новыми свойствами; изменение процессов обработки; новые возможности эксплуатации машин и механизмов;

- *когнитивизация больших систем* – автоматизация и роботизация производства, трансформация систем управления – создание «умных производств» и «умных заводов»;

- *институциональная трансформация* – создание глобальных производственных сетей; переход к сетевым форматам управления инновациями, производственными системами, циклами жизни продукции.

В обобщенном виде структура деятельности в сфере машиностроения включает: проектирование машин и оборудования; производство машин и оборудования; обеспечение их эффективной эксплуатации. Соответственно, новые технологии могут быть организованы в группы: 1) парадигмы и технологии цифрового проектирования; 2) создание новых материалов; 3) способы обработки материалов, поверхностей, изготовления деталей и узлов, сборки машин и оборудования; 4) технологии эксплуатации машин и оборудования; 5) технологии повышения их энергоэффективности и экологичности.

В результате анализа выделены перспективные технологии, методы и материалы, которые будут определять развитие машиностроения в ведущих странах мира и задают технологический горизонт развития машиностроения в России и в Красноярском крае.

Проектирование машин, оборудования, технических систем – новые парадигмы, технологии, программное обеспечение:

- технологии и ПО для промышленного дизайна, проектирования эргономичных и эстетичных машин и систем;
- методы и методики конструирования и дизайна, учитывающего рециклинг компонентов машин;
- технологии и средства проектирования «дружественных человеку» машин и производственных систем;
- технологии и средства проектирования производственных систем, включающих промышленных и антропоморфных роботов.

Новые материалы и материалы с особыми свойствами:

- методы проектирования и создания новых материалов с запланированными свойствами;
- новые материалы для повышения эффективности, снижения веса, продления срока службы машин и оборудования;
- сверхпрочные материалы и поверхности для создания режущих инструментов и оборудования;
- материалы, устойчивые к воздействию агрессивной и сверхагрессивной внешней среды (температура, химические реагенты и др.);
- материалы, устойчивые к долговременному воздействию космической среды;
- композиционные и полимерные материалы с улучшенными потребительскими характеристиками;
- новые материалы с переменными характеристиками, зависящими от условий среды, воздействий или управляющих сигналов.

Производственные процессы и системы:

- новые способы обработки материалов давлением, температурой и др.;
- новые способы обработки поверхностей – лазерная и др.;
- аддитивные технологии, 3D-принтеры для различных материалов;
- новые технические средства и автоматизированные системы контроля состояния машин и оборудования, управления их содержанием и ремонтом (датчики, приборы, каналы связи и др.);

- «умные системы» обеспечения производственной и экологической безопасности (датчики, приборы, каналы связи и др.);
 - гибкие (самонастраивающиеся) производственные линии для выпуска разнообразных продуктов;
 - промышленная робототехника нового поколения: многофункциональные, самообучающиеся роботы, способные взаимодействовать с человеком;
 - «умные заводы» (высокая степень автоматизации производства и системы управления, логистики, контроля производства и качества, систем безопасности);
 - машинно-машинные сети и новая эффективная производственная логистика, основанная на взаимодействии машин в производственном процессе, их перенастройке и др.
- Эксплуатация машин и оборудования:**
- системы диагностики, контроля, информирования о состоянии машин и оборудования в процессе эксплуатации;
 - «интернет вещей»: обслуживание, ремонт, восстановление машин и оборудования на основе автоматизированной организации поставок запчастей и расходных материалов с использованием интернет-каналов связи;
 - интеллектуальные системы автоматизированного и автоматического управления транспортными средствами, в том числе беспилотными;
 - технологии повышения функциональности и эксплуатационных качеств машин и оборудования.

Системы повышения энергоэффективности и экологичности машин и оборудования:

- системы мониторинга негативного воздействия машин и производственного оборудования на окружающую среду;
- «умные системы» и оборудование для снижения выбросов транспортными средствами и промышленными предприятиями;
- средства и системы повышения энергоэффективности на транспорте и в промышленном производстве.

Из представленных 27 направлений развития технологий, методов, материалов 17 (63%) связаны с прямым использованием цифровых технологий; при этом цифровые технологии определяют новое качество производственных процессов и продукции машиностроения; в остальных цифровые инструменты используются в ограниченном / обеспечивающем режиме.

Предприятия машиностроения в Красноярском крае работают в разных условиях: некоторые из них – в основном в рамках государственного заказа, другие – в условиях рыночной конкуренции, в частности, выполняя функции сервисного машиностроения для базовых секторов регионального производства (горно-металлургического; нефтегазового; аграрного; лесного и др.). В качестве сервисных они обеспечивают: создание и установку компонентов и дополнительного оборудования; адаптацию оборудования к природно-климатическим условиям; ремонт машин и оборудования и др. Предприятия, действующие в условиях рыночной

конкуренции, больше ориентированы на использование новых материалов, технологических процессов. В целом перспективы технологического развития регионального машиностроения во многом определяются заказами со стороны предприятий базовых секторов, включая заказы на НИОКР, инновационные продукты, технологические решения, производство комплектующих и дополнительного оборудования.

Перспективность технологий для модернизации промышленных предприятий Красноярского края и развертывания новых производств

В 2015 г. были проведены серия глубинных интервью и стандартизированный опрос экспертов, который позволил оценить перспективы отдельных направлений развития машиностроения в Красноярском крае. В опросе участвовали 17 экспертов – научные сотрудники, преподаватели университетов, руководители и ведущие специалисты промышленных предприятий края. Им предлагалось оценить перспективность использования каждой технологии по следующим параметрам: 1) для модернизации существующих производств; 2) для развертывания новых производств. При этом было необходимо указать конкретные предприятия в Красноярском крае, которые могут быть заинтересованы в использовании и/или разработке данных технологий.

Методика анализа результатов опроса описана в статье [Ефимов и др., 2012]. Для каждого варианта ответа рассчитывались средняя оценка и специальный индекс, характеризующий отклонение средней оценки по данному варианту ответа от средней по всем вариантам ответа на данный вопрос. Индекс – это отклонение от среднего, измеренное в стандартных отклонениях. Среднее значение оценок для всех вариантов ответа при этом соответствует нулевому значению индекса и играет роль точки отсчета. Вследствие деления на стандартное отклонение индекс учитывает согласованность / разброс экспертных оценок по данному варианту ответа: чем выше согласованность, тем меньше величина стандартного отклонения и, следовательно, тем больше абсолютное значение (модуль) индекса.

В таблице 1 представлены индексы перспективности использования технологий в Красноярском крае, рассчитанные

по результатам экспертных оценок: I_1 – для модернизации существующих, I_2 – для развертывания новых производств. Значения индекса выше (+) 0,5 соответствуют высокому уровню перспективности; значения индексов от (-) 0,5 до (+) 0,5 – среднему; меньше (-) 0,5 – низкому уровню перспективности технологий.

Таблица 1. Оценка экспертами перспективности технологий, новых систем, методов и материалов в области машиностроения в Красноярском крае

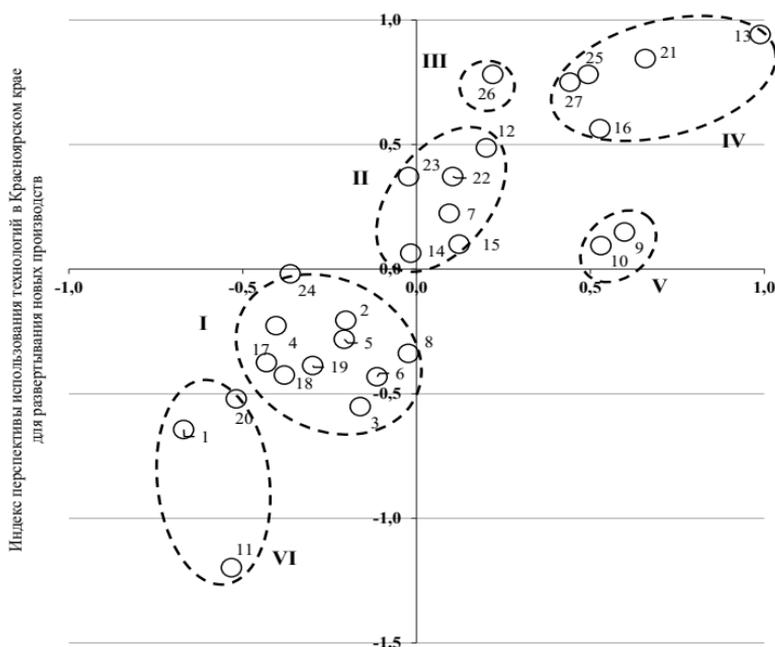
№	Новые технологии, системы, методы, материалы для машиностроения	Индекс	
		I_1	I_2
<i>Проектирования машин, оборудования, технических систем – новые парадигмы, технологии, программное обеспечение</i>			
1	Технологии и программное обеспечение для промышленного дизайна, проектирования эргономичных и эстетичных машин и систем	-0,67	-0,64
2	Методы и методики конструирования и дизайна, учитывающего рециклинг компонентов машин	-0,20	-0,21
3	Технологии и программное обеспечение проектирования «дружественных человеку» производственных систем	-0,16	-0,55
4	Технологии и средства проектирования производственных систем, включающих промышленных и антропоморфных роботов	-0,40	-0,23
<i>Новые материалы, материалы с особыми свойствами</i>			
5	Методы проектирования и создания новых материалов с запланированными свойствами	-0,21	-0,28
6	Новые материалы для повышения эффективности, снижения веса, продления срока службы машин и оборудования	-0,11	-0,43
7	Новые сверхпрочные материалы и поверхности для создания режущих инструментов и оборудования	0,09	0,22
8	Материалы, устойчивые к воздействию агрессивной и сверхагрессивной внешней среды (температура, химические реагенты и др.)	-0,02	-0,34
9	Материалы, устойчивые к долговременному воздействию космической среды	0,60	0,15
10	Композиционные и полимерные материалы с улучшенными потребительскими характеристиками	0,53	0,09
11	Новые материалы с переменными характеристиками, зависящими от условий среды, воздействий или управляющих сигналов	-0,53	-1,20
<i>Производственные процессы и системы</i>			
12	Новые способы обработки материалов давлением, температурой и др.	0,20	0,49
13	Новые способы обработки поверхностей – лазерная обработка и др.	0,99	0,94
14	Аддитивные технологии, 3D-принтеры для различных материалов	-0,02	0,06
15	Новые технические средства и автоматизированные системы контроля состояния машин и оборудования, управления их содержанием и ремонтом (датчики, приборы, каналы связи и др.)	0,12	0,10
16	«Умные системы» обеспечения производственной и экологической безопасности (датчики, приборы, каналы связи и др.)	0,53	0,56

Окончание табл. 1

№	Новые технологии, системы, методы, материалы для машиностроения	Индекс	
		И ₁	И ₂
17	Гибкие (самоадаптирующиеся) производственные линии для производства разнообразных продуктов	-0,43	-0,38
18	Промышленная робототехника нового поколения: многофункциональные, самообучающиеся роботы, способные взаимодействовать с человеком	-0,38	-0,43
19	«Умные заводы» (высокая степень автоматизации производства и системы управления, логистики, контроля производства, контроля качества, систем безопасности)	-0,30	-0,39
20	Машинно-машинные сети и новая эффективная производственная логистика, основанная на взаимодействии машин в производственном процессе, их перенастройке и др.	-0,52	-0,52
<i>Эксплуатация машин и оборудования</i>			
21	Системы диагностики, контроля, информирования о состоянии машин и оборудования в процессе эксплуатации	0,66	0,84
22	«Интернет вещей»: обслуживание, ремонт, восстановление машин и оборудования на основе автоматизированной организации поставок запчастей и расходных материалов с использованием интернет-каналов связи	0,10	0,37
23	Интеллектуальные системы автоматизированного и автоматического управления транспортными средствами, в том числе беспилотными	-0,02	0,37
24	Технологии повышения функциональности и эксплуатационных качеств машин и оборудования	-0,36	-0,02
<i>Системы повышения энергоэффективности и экологичности машин и оборудования</i>			
25	Системы мониторинга негативного воздействия машин и производственного оборудования на окружающую среду	0,49	0,78
26	«Умные системы» и оборудование для снижения выбросов транспортными средствами и промышленными предприятиями	0,22	0,78
27	Средства и системы повышения энергоэффективности на транспорте и в промышленном производстве	0,44	0,75

На рисунке представлена карта оценок экспертами перспективности новых технологий, систем, методов, материалов для модернизации существующих и создания новых производств в области машиностроения в Красноярском крае. На карте каждая из технологий представлена в виде точки с двумя координатами (И1 и И2).

Анализ карты позволяет выделить шесть группировок (кластеров) технологий с различной степенью перспективности для модернизации существующих и создания новых машиностроительных производств в крае.



Карта перспективности технологий для модернизации существующих и разворачивания новых производств в машиностроении Красноярского края (номера маркеров на карте соответствуют номерам технологий в таблице 1)

В группировку I вошли технологии со средним уровнем перспективности (с отрицательными значениями обоих индексов):

- методы конструирования и дизайна, учитывающего рециклинг компонентов машин;
- технологии и средства проектирования «дружественных человеку» производственных систем;
- технологии и средства проектирования производственных систем, включающих промышленных и антропоморфных роботов;
- методы проектирования и создания новых материалов с запланированными свойствами;
- новые материалы для повышения эффективности, снижения веса, продления срока службы машин и оборудования;
- материалы, устойчивые к воздействию агрессивной и сверхагрессивной внешней среды;

- гибкие (самонастраиваемые) производственные линии;
- промышленная робототехника нового поколения: многофункциональные, самообучающиеся роботы;
- «умные заводы»;
- технологии повышения функциональности и эксплуатационных качеств машин и оборудования.

В группировку **II** вошли технологии со средним уровнем перспективности (с положительными значениями индексов) и для модернизации существующих, и для разворачивания новых производств:

- новые сверхпрочные материалы и поверхности для создания режущих инструментов и оборудования;
- новые способы обработки материалов давлением, температурой и др.;
- аддитивные технологии;
- новые технические средства и автоматизированные системы контроля состояния машин и оборудования, управления их содержанием и ремонтом;
- «интернет вещей»;
- интеллектуальные системы управления транспортными средствами.

Представленный перечень показывает, что ожидаемые технологические изменения в красноярском машиностроении соответствуют мировым трендам цифровизации и роботизации производств, но имеют характер «догоняющей» модернизации. Из 16 технологий со средним уровнем перспективности для Красноярского края 11 относятся к цифровым технологиям.

Группировку **III** представляет единственный вид технологии со средним уровнем перспективности для модернизации существующих машиностроительных предприятий и высоким – для разворачивания новых производств в регионе:

- «умные системы» и оборудование для снижения выбросов транспортом и промышленными предприятиями.

В группировку **IV** вошли технологии с очень высоким уровнем перспективности и для существующих, и для новых производств:

- новые способы обработки поверхностей;
- «умные системы» обеспечения производственной и экологической безопасности;

- системы диагностики, контроля, информирования о состоянии машин и оборудования в процессе эксплуатации;
- системы мониторинга негативного воздействия машин и оборудования на окружающую среду;
- средства и системы повышения энергоэффективности на транспорте и в промышленном производстве.

Высокая приоритетность большей части технологий группировок III и IV определяется сложной экологической ситуацией в городе Красноярске и Красноярском крае. Кроме того, четыре из шести представленных технологий относятся к цифровым.

В группировку V вошли технологии с очень высоким уровнем перспективности для модернизации существующих машиностроительных предприятий и со средним уровнем перспективности для разворачивания новых производств в Красноярском крае:

- новые материалы, устойчивые к воздействию космической среды;
- композиционные и полимерные материалы с улучшенными потребительскими характеристиками.

Их приоритетность связана с деятельностью одного из ведущих предприятий космического приборостроения – АО «Информационные спутниковые системы» им. акад. М.Ф. Решетнёва, расположенного в Красноярском крае.

В группировку VI вошли технологии с низким и очень низким уровнем перспективности для Красноярского края:

- новые материалы с переменными характеристиками;
- технологии и ПО для промышленного дизайна, проектирования эргономичных и эстетичных машин и систем;
- машинно-машинные сети и новая эффективная производственная логистика, основанная на взаимодействии машин в производственном процессе, их перенастройке и др.

Итак, из 27 общепризнанных передовых технологий 24 обладают средним, высоким и очень высоким уровнем перспективности для красноярского машиностроения (первые пять группировок). Из них 15 (или 63%) относятся к цифровым технологиям.

По мнению экспертов, они могут использоваться следующими предприятиями (научными, проектными и инжиниринговыми центрами) региона: АО ««Информационные спутниковые системы» им. акад. М.Ф. Решетнева»; ОАО «ОК РУСАЛ»; АО «НПП «Радиосвязь»»; ПАО «ГМК «Норильский никель»»;

ПАО «Полюс»; ООО «ОК РУСАЛ “Инженерно-технологический центр”»; ОАО «Красцветмет»; АО ЦКБ «Геофизика»; ОАО «Енисейгеофизика»; ООО «Автоматизация бизнес-систем»; АО «Красноярский машиностроительный завод», ФЯО ФГУП «Горно-химический комбинат», АО «РУСАЛ Красноярский алюминиевый завод», АО «Прима Телеком», АО «ОКБ Зенит», ОАО «Сибирский научно-исследовательский и проектный институт цветной металлургии», ОАО «Российский железные дороги», ЗАО «Росинжиниринг», ООО «АльваСофт», ОАО «Красноярский завод лесного машиностроения», ООО «Красноярский энергомеханический завод», ООО «Красноярский металлургический завод», АО «Красноярский электровагоноремонтный завод», ООО «Красноярские машиностроительные компоненты».

Выводы

На основании анализа научных публикаций, аналитических докладов и программных документов мы выделили 27 технологий, которые будут определять перспективы развития машиностроения в мире на горизонте до 2030 г. Из них 17 (63%) связаны с прямым использованием цифровых технологий, в 10 цифровые инструменты используются в ограниченном / обеспечивающем режиме.

Опрос экспертов позволил определить перечень из 24 технологий, которые в средней, высокой и очень высокой степени перспективны с точки зрения модернизации существующих и / или создания новых производств в Красноярском крае; из них 15 относятся к цифровым, что составляет 63%.

Список технологий со средним уровнем перспективности для модернизации существующих и создания новых производств в Красноярском крае показывает, что ожидаемые технологические изменения в машиностроительном секторе края соответствуют мировым трендам цифровизации и роботизации производств, но имеют характер «догоняющей» модернизации. Это проявляется в сравнительно невысоких оценках приоритетности технологий, связанных с проектированием материалов, машин, оборудования, роботизированных производственных систем и «умных заводов».

В то же время сложная экологическая ситуация в городе Красноярске и в Красноярском крае определяет высокие требования к экологичности производств, что обусловило включение в группу технологий с высоким уровнем приоритетности для

региональных компаний таких технологий, как: «мониторинг негативных воздействий на среду», «диагностика состояния машин и оборудования», «обеспечение производственной и экологической безопасности».

Согласно результатам экспертного опроса, магистральным направлением модернизации и развития сектора машиностроения в Красноярском крае должно стать масштабное применение цифровых технологий, которые составляют почти две трети от всех перспективных технологий.

Литература

Абдрахманова Г. И., Алексеева Н. Н., Белоусов Д. Р. и др. Прогноз научно-технологического развития России: 2030. М., Министерство образования и науки Российской Федерации, НИУ «Высшая школа экономики», 2014. 244 с.

Глазьев С. Ю. Возможности и ограничения технико-экономического развития России в условиях структурных изменений в мировой экономике. М., ГУУ, 2008. 91 с.

Глазьев С. Ю., Харитонов В. В. Нанотехнологии как ключевой фактор нового технологического уклада в экономике. М.: Тривант, 2009. 304 с.

Дежина И., Пономарев А. Перспективные производственные технологии: новые акценты в развитии промышленности // Форсайт. 2014. Т. 8. № 2. С. 16–29.

Дежина И. Г., Пономарев А. К., Фролов А. С. и др. Новые производственные технологии: публичный аналитический доклад. М.: ИД «Дело» РАНХиГС. 2015. 273 с.

Ефимов В. С., Липтева А. В., Румянцев М. В. Будущее высшей школы России – 2030: социально-экономические контексты и критические ситуации (по результатам Делфи-опроса экспертов) // Университетское управление: практика и анализ. 2012. № 2 (78). С. 24–37.

Идрисов Г. И., Кузьмина А. С., Рожкова Е. С., Султанов Д. К. Новая технологическая революция: вызовы и возможности для России. Экспертно-аналитический доклад. М., ЦСР, 2017. 136 с.

Карасев О. И., Вишневецкий К. О., Веселитская Н. Н. Применение методов Форсайта для выявления приоритетов технологического развития авиационно-промышленного комплекса // Электронный журнал «Труды МАИ». 2012. № 53. С. 1–16.

Карасев О. И. Форсайт судостроения на перспективу до 2030 г. (научно-технологический прогноз). НИУ ВШЭ, 2014. 24 с. [Эл. ресурс]. URL: <http://docplayer.ru/26296815-Forsayt-sudostroeniya-na-perspektivu-do-2030-g.html> (дата обращения: 15.10.2018).

Княгинин В. Н. Промежуточные итоги и текущие вопросы промышленного и технологического форсайта. К обсуждению на заседании Экспертного совета проекта «Промышленный и технологический форсайт Российской Федерации на долгосрочную перспективу». М., ЦСР «Северо-Запад», 2012. 9 с.

«Умные» среды, «умные» системы, «умные» производства: серия докладов (зеленых книг) в рамках проекта «Промышленный и технологический форсайт Российской Федерации». Вып. 4. СПб., Фонд «Центр стратегических разработок «Северо-Запад», 2012. 62 с.

Цифровая Россия: новая реальность. Доклад глобальной экспертной группы Digital McKinsey. 2017. 133 с.

Dekhtyaruk Y., Karyshev I., Korableva M., Velikanova N., Edelkina A., Karasev O., Klubova M., Bogomolova A., Dyshkant N. Foresight in Civil Shipbuilding – 2030. Foresight-Russia. 2014. Vol. 8. No. 2. Pp. 30–45.

European Commission. Factories of the future: Multi-annual roadmap for the contractual PPP under Horizon 2020. Luxembourg, Publications Office of the European Union, 2013. 128 p. doi:10.2777/29815

Schwab K. The Fourth Industrial Revolution. New York, Crown Business, 2017. 192 p.

Статья поступила 17.10.2018.

Summary

Efimov V.S., Lapteva A.V., Siberian Federal University, Centre for Strategic Research and Development, Oborin L.A., Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Research Institute "Rocket-Space Equipment and Technology", Krasnoyarsk

Prospects for Technological Development of the Engineering Industry in the Krasnoyarsk Krai (Foresight Study)

The purpose of the study is determining the prospects for technological development of engineering industry in the Krasnoyarsk Krai, which is one of the largest industrial regions of the Russian Federation.

Based on the forecasts performed by leading Russian and international "think tanks" and a series of in-depth expert interviews key trends of mechanical engineering are identified: revolution in materials; digitalization of processes; cognitization of large-scale systems; institutional transformation. A "map" of new technologies in machinery construction was developed for an expert assessment of the prospects of these technologies; an expert survey was carried out.

Based on the survey data, six groups (clusters) of technologies that vary in prospects for modernization and for the creation of new machinery construction enterprises in the Krasnoyarsk Krai were identified. Five groups with medium and high level of prospects include 24 technologies; 15 of them are digital (63%). The research shows that the expected technological changes in engineering industry in the Krasnoyarsk Krai correspond to the global trends of digitalization and robotization, and this changes will take the form of "catch-up" modernization. A difficult ecological situation characteristic for the region determines the high priority of "monitoring of negative environmental impacts", "diagnostics of machinery and equipment", "technology ensuring environmental safety", etc.

Machine building; regional economy; technological Foresight; digital technology

References

Abdrakhmanova G.I., Alekseeva N.N., Belousov D.R. et al. (2014). Forecast of scientific and technological development of Russia: 2030. Moscow, Ministerstvo

obrazovaniia i nauki Rossiiskoi Federatsii, NIU "Vysshiaia Shkola Ekonomiki" Publ. 244 p. (In Russ.).

Glaz'ev S. Yu. (2008). Possibilities and limitations of Russia's technical and economic development in the context of structural changes in the world economy. Moscow, GUU Publ. 91 p. (In Russ.).

Glaz'ev S. Yu., Kharitonov V.V. (2009). Nanotechnologies as a key factor of the new technological structure in the economy. Moscow, Trovant Publ. 304 p. (In Russ.). Dezhina I., Ponomarev A. (2014). Promising manufacturing technologies: new accents in the development of industry. *Forsait [Foresight]*. Vol. 8. No. 2. Pp. 16–29. (In Russ.).

Dezhina I., Ponomarev A. (2014). Promising manufacturing technologies: new accents in the development of industry. *Forsait [Foresight]*. Vol. 8. No. 2. Pp. 16–29. (In Russ.).

Dezhina I.G., Ponomarev A.K., Frolov A.S. et al. (2015). New manufacturing technologies: public analytical report. Moscow, Izdatel'skii dom "Delo", RANKhiGS Publ. 273 p. (In Russ.).

Efimov V.S., Lapteva A.V., Rumiantsev M.V. (2012). The future of higher education in Russia – 2030: socio-economic contexts and critical situations (according to the results of the Delphi survey). *Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz [University management: practice and analysis]*. No. 78(2). Pp. 24–37. (In Russ.).

Idrisov G.I., Kuz'mina A.S., Rozhkova E.S., Sultanov D.K. (2017). A new technological revolution: challenges and opportunities for Russia. Expert-analytical report. Moscow, TsSR Publ. 136 p. (In Russ.).

Karasev O.I., Vishnevskii K.O., Veselitskaia N.N. (2012). Application of Foresight methods to identify priorities for technological development of the aircraft industry. *Elektronnyi zhurnal "Trudy MAI" [Electronic Journal "Proceedings of the MAI"]*. No. 53. Pp. 1–16. (In Russ.).

Karasev O.I. (2014). Foresight of shipbuilding for the future up to 2030 (scientific and technological forecast). HSE Publ. 24 p. Available at: <http://docplayer.ru/26296815-Forsait-sudostroeniya-na-perspektivu-do-2030-g.html> (accessed 15.10.2018).

Kniagin V.N. (2012). Preliminary results and current issues of industrial and technological Foresight. For the discussion at the meeting of the Expert Council of the project "Industrial and technological Foresight of the Russian Federation for the long-term perspective". Moscow, TsSR "Severo-Zapad" Publ. 9 p. (In Russ.).

"Smart" environments, "smart" systems, smart "industries": a series of reports (green books) within the framework of the "Industrial and Technological Foresight of the Russian Federation" project. Issue 4. St. Petersburg, Fond «Tsentr Strategicheskikh razrabotok "Severo-Zapad"» Publ., 2012. 62 p. (In Russ.).

Digital Russia: a new reality. Report of the global expert group Digital McKinsey. 2017, 133 p. (In Russ.).

Dekhtyaruk Y., Karyshev I., Korableva M., Velikanova N., Edelkina A., Karasev O., Klubova M., Bogomolova A., Dyshkant N. (2014). Foresight in Civil Shipbuilding – 2030. *Foresight-Russia*. Vol. 8. No. 2. Pp. 30–45.

European Commission. Factories of the future: Multi-annual roadmap for the contractual PPP under Horizon 2020. Luxembourg, Publications Office of the European Union, 2013. 128 p. doi:10.2777/29815

Schwab K. (2017). The Fourth Industrial Revolution. New York, Crown Business. 192 p.