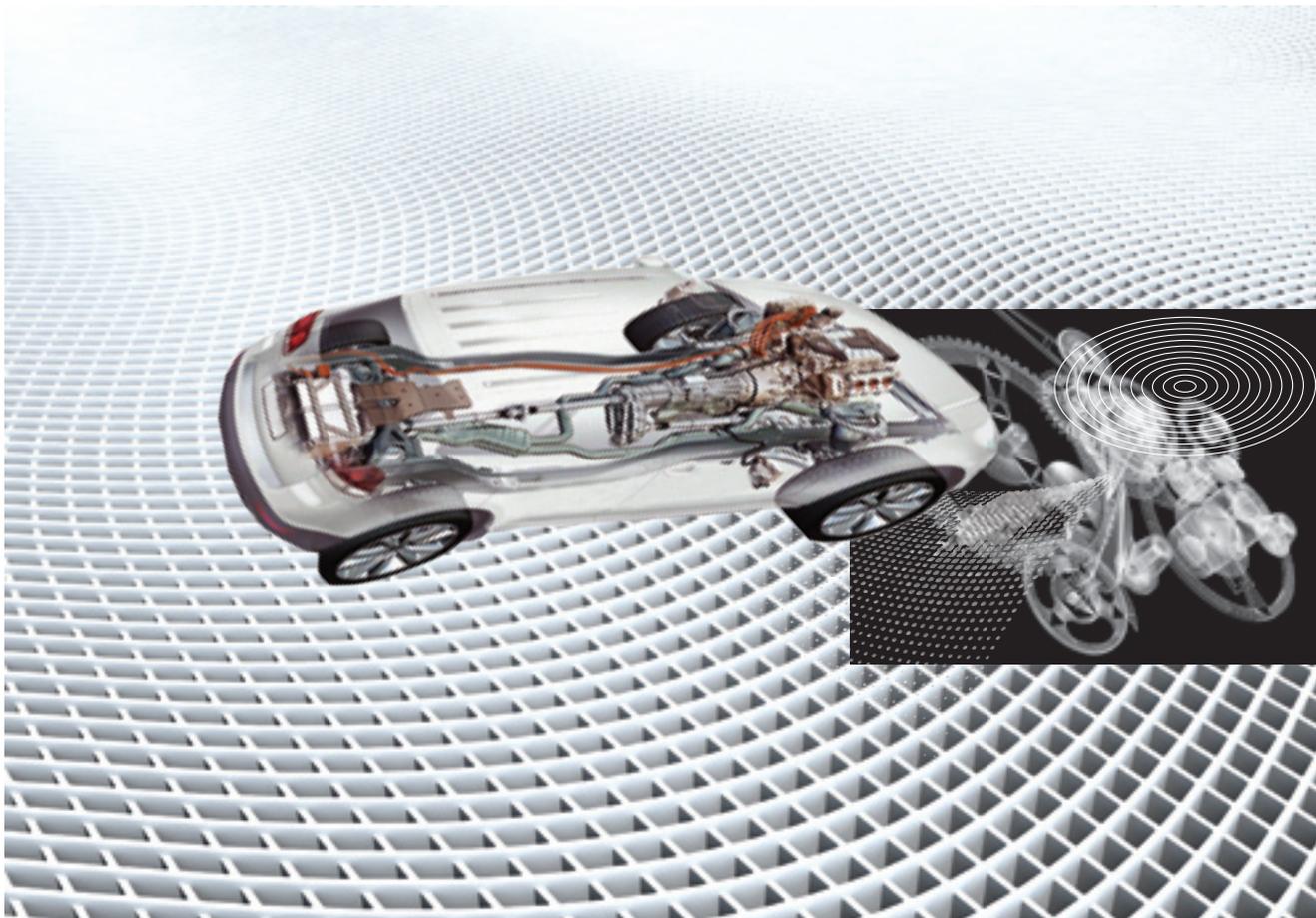


# Технологический ландшафт и кооперация в сфере производства автомобилей с гибридным приводом\*

Марисела Родригес, Франсиско Паредес



Производство гибридных автомобилей в последние годы переживает интенсивный подъем. Автоконцерны вкладывают значительные ресурсы в разработку более совершенных гибридных приводов. Этот процесс в глобальной перспективе может быть оценен путем систематического анализа патентов, отраженных в международных патентных базах.

В статье оцениваются состояние и перспективы развития отрасли. На примере лидеров в разработке гибридных автомобилей демонстрируется продуктивность разработанной авторами методологии анализа патентных данных.

Марисела Родригес — профессор.  
E-mail: marisrod@itesm.mx

Франсиско Паредес — научный сотрудник.  
E-mail: franciscoparedesleon@gmail.com

Центр инноваций в области дизайна и технологий, Технологический институт в Монтеррее (Centro de Innovación en Diseño y Tecnología, Tecnológico de Monterrey)

Адрес: Avenida Eugenio Garza Sada 2501 Sur, Colonia Tecnológico, Monterrey, Nuevo León, 64849, México

## Ключевые слова

патентный анализ; автомобили с гибридным приводом; совместные исследования; гибридные электромобили (ГЭМ); «зеленые» автомобильные технологии

DOI: 10.17323/1995-459X.2015.2.6.21

Цитирование: Rodríguez M., Paredes F. (2015) Technological Landscape and Collaborations in Hybrid Vehicles Industry. *Foresight-Russia*, vol. 9, no 2, pp. 6–21. DOI: 10.17323/1995-459x.2015.2.6.21

\* Авторы выражают благодарность всем, кто предоставил прямую или косвенную научную поддержку в ходе выполнения исследования, в частности Группе исследований передового производства (Advanced Manufacturing Research Group) Технологического института Монтеррея (Tecnológico de Monterrey), а также научным ассистентам Алехандро Паласиосу (Alejandro Palacios), Даниэлю Эскуивелу (Daniel Esquivel) и Ане Марселе Эрнандес (Ana Marcela Hernández), оказавшим неоценимую помощь.

Использование экологически нейтральных источников энергии — давно осознанная необходимость. Тот факт, что на ископаемые виды топлива в настоящее время приходится 80% общего объема потребления [Sawin, 2012], демонстрирует степень сегодняшней зависимости общества. Эмиссия газов усугубляет воздействие глобального потепления на планету и ведет к росту уровня Мирового океана. Изменение климата за последние 30 лет стало причиной нескольких ураганов; под угрозой находятся ареалы обитания не менее 279 биологических видов в Арктике и Антарктике [Márquez, 2007].

Использование ископаемого топлива сказывается на качестве воздуха, воды, почвы, флоры, фауны и ведет к экологическим и социальным катастрофам [Burns, Levings, 1993]. Птицы, рыбы, кораллы и другие морские организмы испытывают негативное воздействие от загрязнения воды, зачастую вызванного утечкой нефти. Продукты ископаемого топлива, токсичные вещества и химикаты негативно влияют на рост растений и в конечном счете на здоровье человека [Marinescu et al., 2011]. Эти экологические проблемы требуют радикальных изменений в характере использования энергии в автомобильном секторе. В последние годы прилагаются активные усилия по разработке новых технологий для гибридных автомобилей.

В начале 1990-х гг. в США были приняты законы и реализованы иные меры по снижению уровня выбросов, например поправка к «Закону о чистом воздухе» (Clean Air Act Amendment) 1990 г., «Закон об энергетической политике» (Energy Policy Act) 1992 г. и другие нормативно-правовые акты, подготовленные Калифорнийским советом по воздушным ресурсам (California Air Resources Board, CARB). В начале XXI в. был осуществлен еще ряд инициатив в области разработки гибридных автомобилей [U.S. Department of Energy, 2005]. Ожидается, что дальнейшему повышению спроса на них будет способствовать подъем стран с развивающейся экономикой, который открывает новые возможности для экономического роста, но негативно влияет на перспективы устойчивого развития. Гибридные электромобили (ГЭМ) могут сыграть важную роль в этом процессе, прежде всего в Китае, Индии и в западных странах [Porter et al., forthcoming].

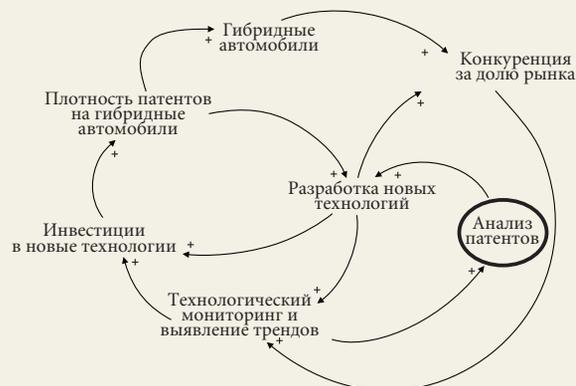
Такие лидеры автомобильной отрасли, как Toyota<sup>1</sup>, Nissan, Honda и General Motors, разрабатывают новые технологии использования возобновляемых источников энергии в своих автомобилях. После 1995 г. рынок ГЭМ достиг порога устойчивости [Dijk, Yarime, 2010]. Модель Toyota Prius была выпущена на японский рынок в 1997 г., а еще через год Honda представила в Калифорнии модель Insight. В 2002 г. совокупный объем продаж ГЭМ превысил 100 000 автомобилей, к 2008 г. он достиг 1.5 млн. Крупные автопроизводители наращивают разработку экологичных транспортных средств.

Более 30 компаний, занятых поиском пионерских решений в этой области, появились или расширили свою деятельность в США, в частности Baker, Detroit Electric, GE, Studebaker и Woods [Kraft, 2012]. К концу 2013 г. во всем мире было продано более 6 млн гибридных автомобилей Toyota [Custommedia, 2014a], а объем продаж Nissan Leaf — первого автомобиля с нулевым выбросом — в период с декабря 2012 по январь 2014 г. составил 100 тыс. ед. в 35 странах [Custommedia, 2014b].

За последние десятилетия автомобильные компании углубили кооперацию в сфере разработки новых технологий. Ключевую роль в этом процессе играют правительственные инициативы. Так, в период с 2009 по 2015 г. Япония запланировала потратить 21 млрд йен (264 млн долл. США) на создание новых аккумуляторов для электромобилей в рамках «Стратегии разработки следующего поколения автомобилей» (Next Generation Vehicle Strategy). Соединенные Штаты объявили о намерении инвестировать за период 2009–2018 гг. 136 млрд долл. в «зеленую» энергетику (включая экологичные автомобили) в рамках инициативы «Зеленый “Новый курс”» (Green New Deal). ЕС вложил 5 млрд евро (6.6 млрд долл.) в «Европейскую инициативу “Зеленый автомобиль”» (European Green Car Initiative), объявленную в ноябре 2008 г. [Kwon, Jeong, 2013].

Патенты наглядно отражают технологические достижения в области создания гибридных автомобилей, поэтому наукометрический патентный анализ активно используется для их оценки. В настоящем исследовании такой анализ дополнен системно-технологическим подходом, для чего была построена диаграмма каузальных петель (Casual Loop Diagram, CLD), отражающая элементы системы, их взаимное влияние и динамику обратной связи [Zemke, 2001] (рис. 1). Данная методика, используемая более 30 лет в рамках методологии сис-

Рис. 1. Диаграмма каузальных петель разработки автомобилей с гибридным приводом



Источник: составлено авторами с помощью приложения Vensim [Ventana Systems Inc., 2006].

<sup>1</sup> Toyota Motor Co. — официальный английский перевод японского названия Jidosha Kabushiki Kaisha [Toyota Motor Corporation, 2008]. Здесь и далее при упоминании данной компании будет использоваться английское наименование.

темного мышления [Forrester, 1961], рассматривает организацию как систему взаимодействующих элементов, которая порождает синергический эффект.

Чем выше достижения в разработке автомобилей с гибридным приводом, тем больше число выдаваемых патентов. Конкуренция за долю на рынке придает импульс инвестированию в новые технологии по всей цепочке участников — от лидеров до рядовых игроков. Как будет показано далее, залогом успеха в данной отрасли служит кооперация компаний.

Патентный анализ является формой технологической конкурентной разведки (ТКР) (*competitive technological intelligence*, СТИ). Он используется для мониторинга рыночной и технологической среды и принятия решений по вопросу о запуске исследований и разработок (ИиР) и инновационной деятельности. Анализ патентной активности, принятый в нашей статье, развивает методологию ТКР, предложенную в одной из предыдущих работ авторов [Rodríguez, Esquivel, 2013], и содержит ценные сведения о технологических разработках в области создания гибридных автомобилей. В дополнение приводятся доказательства того, что компании с высоким уровнем патентной активности демонстрируют большую склонность к технологической кооперации.

Цель исследования состоит в поддержке действующих в данной сфере организаций через определение патентной плотности следующих факторов развития рынка:

- направлений научных исследований на глобальном уровне (в соответствии со стандартными патентными классификациями);
- лидеров патентования;
- числа совместных патентов, полученных организациями с наивысшей патентной активностью;
- уровня технологической кооперации;
- уровня патентной активности по типам гибридных приводов и альтернативных источников энергии;
- новейших патентов, полученных организациями — лидерами патентования и касающихся ранее полученных результатов.

Во втором разделе приведен обзор литературы по возобновляемым источникам энергии, гибридным автомобилям и ТКР. В третьей части статьи описана методология, в четвертой представлены основные результаты исследования. Наконец, в пятой части сформулированы выводы, рекомендации и выявленные ограничения.

## Обзор литературы

### Возобновляемая энергия и гибридные автомобили

Проблемы в области энергетики, связанные с истощением ресурсов ископаемого топлива, способствовали развитию «зеленых» технологий, включая механизмы для новых систем транспорта.

### Возобновляемые источники энергии

Ветер, геотермальная, гидротермальная, солнечная энергия и сырье из биомассы все чаще используются в промышленности и в быту [Rodríguez, Esquivel, 2013], а их значение неуклонно возрастает на всех уровнях.

Существует отчетливый запрос на интеллектуальные системы управления энергией, позволяющие оптимизировать ее использование и снизить энергопотребление в самых разных областях, в том числе в электрических системах обычных и гибридных автомобилей [Zhou et al., 2014]. Особенно популярны в этом плане различные виды альтернативной энергии — солнечная, ветровая, геотермальная, гидравлическая — и использование биомассы [Sewe, León, 2010]. Снизить негативное воздействие автомобильных выхлопов позволяют такие энергоносители, как водород, природный газ, этанол, метанол, биогаз и газойль [Momoh, Omoigui, 2009]. Кроме того, значительным потенциалом для применения в гибридных автомобилях обладает солнечная энергия [Khan, 1994], также включенная в исследование. Как будет показано далее, последняя наряду с водородом отличается наиболее высокими показателями патентной активности, вследствие чего объектом специального анализа стали работающие с ними заявители.

### Гибридные авто- и электромобили

В настоящем разделе описаны основные характеристики автомобилей с гибридным приводом, включая электромобили. Гибридные автомобили имеют два привода: основной — двигатель внутреннего сгорания — и вторичный — аккумулятор высокого напряжения, обычно электромотор, хотя здесь могут использоваться и другие возобновляемые источники энергии [Urdiales, Limón, 2009]. Применение гибридных приводов позволяет снизить объем углеродных выбросов. Самой удачной конфигурацией является ГЭМ, оснащенный двигателем внутреннего сгорания и электромотором.

Гибридные автомобили становятся все более важным фактором защиты окружающей среды; очевидность этого обсуждается более десятилетия [Boesel, 2013]. Как отмечалось ранее, одним из ключевых трендов этого рынка выступает активизация ИиР в рамках государственных инициатив по созданию гибридных автомобилей [Technavio, 2014].

Можно выделить три типа гибридных приводов [Sewe, León, 2010; Emadi, 2005].

*Параллельный гибридный привод* (рис. 2). Подобные автомобили наиболее экономичны и популярны на рынке, поскольку их архитектура не сильно отличается от традиционной. Гибридный привод в них служит своего рода надстройкой.

*Последовательный гибридный привод* (рис. 3). Пока не используется в пассажирских седанах и легких грузовиках с бензиновым (дизельным) и электродвигателем. Возможно, отчасти это объясняется его большими весом и стоимостью в сравнении с параллельной и комбинированной архитектурами.

Рис. 2. **Схема параллельного гибридного привода**

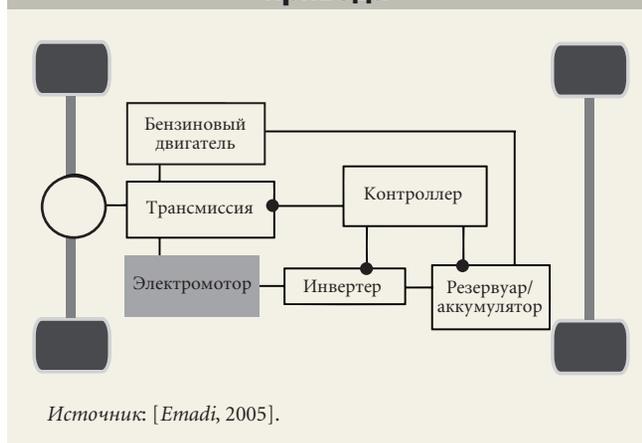
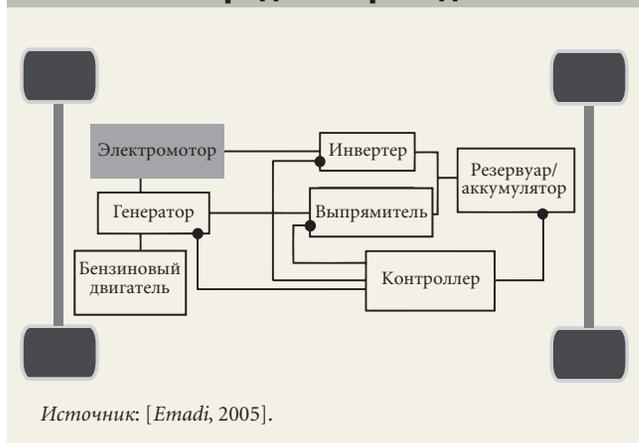


Рис. 3. **Схема последовательного гибридного привода**



Последовательно-параллельный гибридный привод (рис. 4). Обладает тремя основными преимуществами: сравнительная простота конструкции трансмиссии; возможность ограничить скорость работы двигателя узким рабочим диапазоном путем регулирования мотор-генератора А; возможность уменьшить объем двигателя. Типичным примером этой архитектуры является модель Toyota Prius.

### Технологическая конкурентная разведка

Конкурентная разведка — это системно и этически нормированная программа сбора и анализа информации о деятельности других участников рынка и общих тенденциях развития бизнеса в целях улучшения производственных показателей предприятия [Moretti, 2004]. Собранные сведения позволяют оценить поведение, преимущества и уязвимости конкурентов наряду с технологическими и иными аспектами среды, задающими параметры и направления инновационной деятельности. ТКР — полезный инструмент выявления направлений технологического развития [Calof et al., 2015].

Объединение «Профессионалы стратегической и конкурентной разведки» (Strategic and Competitive Intelligence Professionals, SCIP) определяет последнюю как этический и системный процесс поиска информации под конкретные задачи, в частности

анализа и использования ее для планирования, принятия решений или осуществления деятельности компании актуальным, точным, адресным и своевременным образом [Brody, 2008].

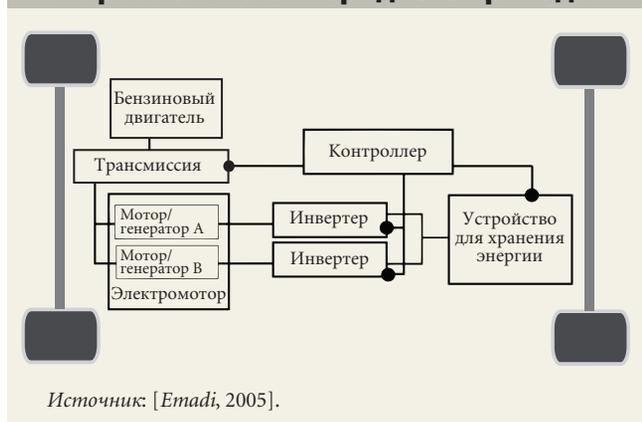
Питер ван Бракель (Peter van Brakel) называет конкурентную разведку бизнес-дисциплиной, применяемой компаниями и странами для улучшения своего рыночного положения за счет более эффективного использования информации [Van Brakel, 2005]. Одно из главных преимуществ данного подхода состоит в снижении риска при принятии решений и выявлении имеющихся на конкурентном рынке возможностей и угроз.

Марисела Родригес (Marisela Rodríguez) и Марио Телло (Mario Tello) дополнили рассматриваемую концепцию, назвав ее «технологической конкурентной разведкой» и определив как мониторинг среды, в которой действует организация, для поддержки принятия стратегических решений, в первую очередь связанных с рынком, проектированием продуктов, ИиР и инновационной деятельностью. Компаниям следует постоянно адаптировать линейку производимых продуктов и услуг к изменениям потребностей клиентов [Rodríguez, Esquivel, 2013]. ТКР предлагает также методологию систематического сбора и анализа сведений о конкурентах, научных организациях и университетах для формирования более полного представления об их достижениях в сфере ИиР.

### Патентный анализ

ТКР осуществляется путем анализа первичной (полевые обследования, интервью) и вторичной (статьи, патенты, отчеты, новостные сообщения) официальной информации. Патентный анализ становится критически важным компонентом ТКР в наукоемких областях, к которым относится и создание гибридных автомобилей. Число поданных и удовлетворенных патентных заявок служит важным индикатором изобретательской активности на том или ином технологическом рынке [Streltsova, 2014], позволяя отслеживать лидеров и те исследовательские ниши, которые они занимают, актуальные направления охраны интеллектуальной

Рис. 4. **Схема последовательно-параллельного гибридного привода**



собственности и зарождающиеся технологии. Цель обобщения этих практических сведений состоит в выявлении возможностей и угроз инновационной деятельности [Rodríguez, 2003], прогнозировании уровня готовности продукта и тенденций динамики рынка [Trappey et al., 2010]. Открытые патентные данные могут использоваться для оценки текущих и будущих научно-технических достижений, укрепления корпоративной стратегии, решений в области ИиР и выработки государственной политики [Denisova et al., 2011].

Патентная защита исключительных прав организаций и индивидов на изобретения обеспечивает эксклюзивную возможность производить и распространять продукцию, выступающую предметом правовой охраны. Патентный анализ поэтому часто применяется для мониторинга портфелей ИиР конкурентов и определения векторов развития наукоемких отраслей и компаний по всему миру [Lai et al., 2006]. Более того, позволяет минимизировать риск дублирования изобретений, избежать патентных нарушений и выявить технологии для лицензирования.

Патентный анализ часто используется инновационными компаниями для принятия решений о слияниях и поглощениях, определения сфер компетенции конкурентов и перспективных направлений, включая приоритизацию ИиР, и, наконец, для усиления стратегического планирования в целом [Ramos, 2011]. Его конкретными методами выступают картирование патентов, кластерный анализ и анализ жизненного цикла [Trappey et al., 2011], а также глубинная обработка данных (*data mining*), позволяющая сводить сотни полей библиографических записей (название, заявитель, автор, страна и т. д.). Проведение подобных исследований требует специального программного обеспечения из числа существующих на рынке, например, Gold Fire Innovator, Matheo Patent, Patent Insight Pro и Vantage Point. Программы для глубинной обработки данных позволяют исследователям собирать, синтезировать, анализировать, классифицировать и представлять информацию в наиболее наглядной форме. Выбор программного решения, наилучшим образом соответствующего задачам проекта, — чрезвычайно ответственный шаг [Lugo, 2008]. Интерпретация патентных карт не может быть полностью автоматизирована вне зависимости от качества используемых приложений, а потому требует привлечения экспертов из релевантных дисциплинарных полей [Lee et al., 2006].

#### Патентный анализ гибридных автомобилей

С начала 2000-х гг. было выполнено множество исследований, посвященных патентному анализу [Ranaei et al., 2014], но лишь в нескольких случаях авторы обращались к теме разработки гибридных автомобилей. В работе Алана Портера (Alan Porter) и его коллег этот инструментарий был использован для формулирования прогноза развития гибридных авто- и электромобилей [Porter et al., forthcoming].

Авторы проанализировали данные Всемирного патентного индекса Derwent (Derwent World Patent Index) на платформе Thomson Innovation за период с 2000 по 2012 г., которые позволили установить, что лидерами в создании интеллектуальной собственности в области ГЭМ являются США, Япония и Германия.

В исследовании Ян-Ил Квона (Young-Il Kwon) и Де-Юн Йона (Dae-hyun Jeong) [Kwon, Jeong, 2013] описаны результаты анализа патентных заявок, поданных в связи с разработкой «зеленого автомобиля» в профильные национальные ведомства США, Японии, Кореи и европейских стран, а также на международном уровне в рамках Договора о патентной кооперации (Patent Cooperation Treaty, PCT) в период с 2000 по 2011 г. [Kwon, Jeong, 2013]. Данные для исследования отбирались с использованием системы WIPS Global. Анализ был сфокусирован на патентах для электромобилей, «штепсельных» ГЭМ, электромобилей на топливных элементах и чистых дизельных автомобилей. Лидерами ИиР в сфере гибридных автомобилей оказались США и Япония, на третьем месте — Корея. Отдельная работа, посвященная патентному анализу разработок автомобилей с пониженным уровнем выхлопов, охватывает период с 1994 по 2013 г. и рассматривает такие сегменты, как производство аккумуляторных электромобилей, ГЭМ, водородных автомобилей и автомобилей на топливных элементах [Ranaei et al., 2014].

Построенные в рамках упомянутых работ кривые ИиР отразили стабильный рост числа технологий в области снижения выхлопов, в частности гибридных и аккумуляторных электромобилей. Их авторы, однако, предсказывают насыщение рынка через несколько десятилетий. Основные выводы указанных исследований будут рассмотрены в ходе анализа результатов, полученных при подготовке настоящей статьи.

#### Индекс инноваций Derwent

Индекс инноваций Derwent (Derwent Innovations Index) получил признание многих компаний и научных организаций. Индекс принадлежит Thomson Reuters, являясь частной базой данных заявленных и зарегистрированных патентов, в которой за более чем 40 лет существования накоплено около 14.3 млн записей об изобретениях из 40 патентных ведомств по всему миру. Среди них — Европейское патентное ведомство (European Patent Office), Японское патентное ведомство (Japanese Patent Office), Ведомство США по патентам и товарным знакам (US Patent and Trademark Office), Всемирная организация интеллектуальной собственности (ВОИС) и др. Индекс инноваций Derwent — весьма ценный ресурс для оценки долгосрочной динамики глобального технологического развития [Thomson Reuters, 2014a]. Обобщенные, в том числе с его помощью, патентные данные позволяют продуктивно анализировать развитие той или иной технологии [Mogee, 1991].

## Методология

Как было отмечено ранее, цель настоящего исследования состоит в патентном анализе разработки гибридных автомобилей как отправной точке для оценки патентной плотности и уровня сотрудничества компаний — лидеров в отмеченной сфере, включая определение круга их стратегических партнеров и новейших зарегистрированных изобретений. В основу этого исследования легла специально разработанная наукометрическая методология оценки технологического прогресса посредством патентного анализа с применением принципа системного проектирования, состоящая из двух взаимосвязанных этапов (рис. 5). На первом выполняются исходный сбор сведений о патентах по рассматриваемой технологии через различные профильные базы данных, в том числе Espacenet, USPTO и др., и их обработка для исключения дублирующейся и нерелевантной информации.

На втором этапе с помощью специального программного обеспечения выполняется наукометрический патентный анализ, который в свою очередь разделен на две стадии. Сначала группа аналитиков определяет ключевые направления и категориальный аппарат исследования (с учетом различных стандартных патентных классификаций); компании — лидеры патентования; совместные патенты самых активных заявителей и примеры их технологического сотрудничества. Затем оценивается патентная активность для различных технологических систем, в данном случае — гибридных приводов разных типов. Предпринимаемый в дальнейшем апостериорный анализ призван в зависимости от цели исследования интегрировать конкретную переменную, в нашем случае — альтернативный источник энергии того или иного типа. В последующий предметный анализ новейших патентов, базирующийся на упомянутой переменной, включаются ведущие организации-заявители. Важно подчеркнуть, что решающую для всего процесса роль играет обратная связь с экспертами в соответствующих областях. Оценка новых перспектив и обобщение полученных выводов требуют также финальной валидации результатов.

Предпринятое исследование гибридных автомобилей опиралось на Индекс инноваций Derwent (Derwent Innovation Index) базы данных ISI Web of Knowledge [Thomson Reuters, 2014a]. Как показано ранее, построенная диаграмма каузальных петель позволила разграничить элементы, из которых складывается система нашего исследования. Ранее отмечалось, что предлагаемый подход предусматривает два этапа работы. На *первом* было установлено общее число патентов в области создания гибридных автомобилей, хронологически ограниченное началом 2000 и 31 октября 2014 г. Отбор происходил путем поиска ключевых слов по заголовкам.

Всего были выявлены 40 023 патента, фильтрация которых позволила отсеять дублирующиеся или нерелевантные записи и стандартизировать поля (такие как название организации). Далее

с использованием классификации Derwent были определены наиболее популярные в глобальном масштабе направления исследований. На основе Международной патентной классификации (МПК) и кодов классов Derwent (Derwent Class Codes, DCC) была установлена их направленность и идентифицированы ведущие организации-заявители. Результаты доказали лидерство автопроизводителей в сфере технологических изобретений. Другие организации (университеты, научные центры, государственные ведомства), осуществляющие собственные ИиР в этой области, демонстрируют меньшую результативность. Объектом отдельного анализа в форме интернет-исследования стали совместные патенты и технологическая кооперация компаний — лидеров патентования в энергетическом секторе. Собранные данные были надлежащим образом отфильтрованы и обработаны.

Предметный анализ, предпринятый на *втором этапе* исследования, состоял в выявлении патентов, связанных с гибридными приводами различных типов (параллельным, последовательным, последовательно-параллельным), для последующего определения вида используемой возобновляемой энергии. На данном этапе были также отобраны новейшие патенты ведущих компаний-заявителей в области альтернативной энергетики. Наконец, вся собранная информация была обобщена, а сделанные выводы прошли процедуру валидации экспертами в соответствующих областях. Их оценки позволили наметить новые технологические векторы и обеспечить прирост знания.

Результаты исследования, полученные благодаря описанной методологии, представлены в последующих разделах.

## Обсуждение и результаты

### Первый этап

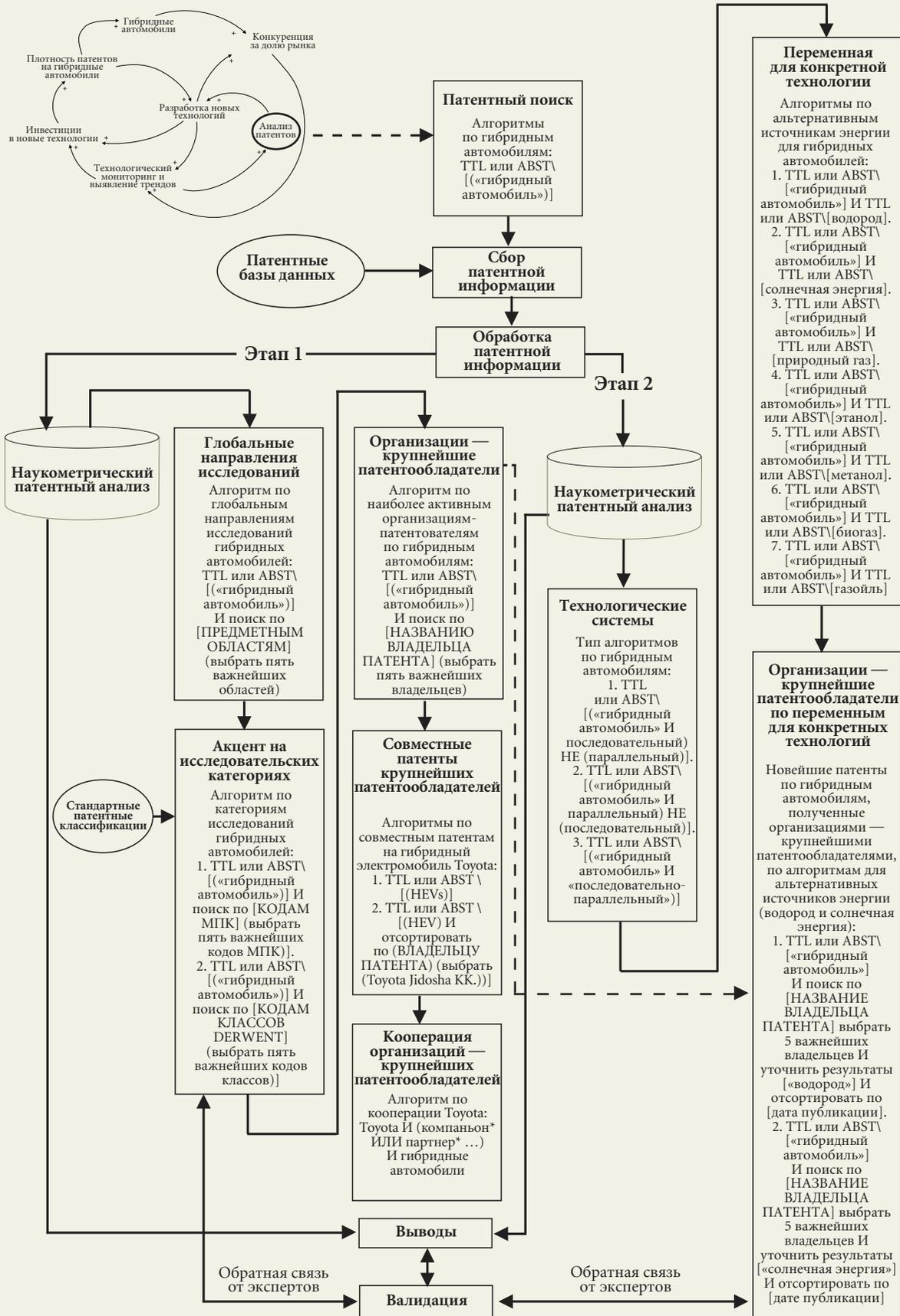
#### Глобальные направления научных исследований

Для решения поставленной на первом этапе анализа задачи определения основного фокуса научных исследований была использована стандартная классификация Derwent. Среди 40 023 выявленных патентов в области гибридных автомобилей выделяются следующие стратегические направления: инжиниринг (39 094 патента), транспорт (37 303 патента), энергия и топливо (18 086 патентов), приборы и измерительная аппаратура (15 860 патентов), компьютерные науки (7347 патентов) (рис. 6).

#### Структура научных исследований

Утвержденная Страсбургским соглашением 1971 г., МПК содержит иерархическую систему независимых от языка кодов классификации патентов и промышленных образцов по различным технологическим направлениям. Она состоит из восьми разделов и примерно 70 тыс. подразделов, обозначенных кодами из арабских цифр и латинских букв. Чем больше символов в коде, тем он детальнее; минимальное количество — четыре (верхний уровень

Рис. 5. Методология системного патентного анализа технологий



Источник: составлено авторами.

Рис. 6. **Число патентов по направлениям исследований в области создания гибридных автомобилей, выданных в 2000–2014 гг., по классификации Derwent\***



\* Поскольку патенты могут относиться к нескольким направлениям исследований одновременно, их суммарное число превышает 100%.

Источник: расчеты авторов.

патентной классификации). Патенты могут относиться к нескольким разделам МПК, в том числе в случае с технологиями в области гибридных автомобилей, что свидетельствует об их значительной технической разнородности [Kwon, Jeong, 2013].

В ходе нашего анализа были выявлены основные направления ИиР, связанных с разработкой гибридных автомобилей, с учетом детальных позиций МПК. Пять наиболее значимых категорий приведены в табл. 1.

Результаты свидетельствуют, что ИиР преимущественно сосредоточены на разработке систем управления для гибридных автомобилей (раздел B60W-020/00 МПК) и электроприводов (B60L МПК). Аналогичные тренды обнаружены в работе [Kwon, Jeong, 2013], где выделены системы электроприводов для автомобилей (B60L), системы механической трансмиссии (B60K) и системы управления, специально адаптированные для гибридных электромобилей (B60W).

### Направленность исследований в соответствии с классификацией Derwent

Стандартная классификация Индекса инноваций Derwent также может служить источником для выявления направлений патентной активности. Классификация кодов классов (DCC) распределяет патенты на «Химические разделы» (AM), «Инженерные разделы» (PQ) и «Электрические и электронные разделы» (SX). Пять основных категорий в их составе приведены в табл. 2.

Как и в случае МПК, патенты DCC могут относиться к нескольким разделам одновременно. Наиболее важными являются общие категории X, T и L, соответствующие следующим направлениям.

Электрические и электронные разделы (S-X):

X. Электроэнергетика.

T. Вычисления и управление.

Химические разделы (A-M):

L. Огнеупорные материалы, керамика, цемент, электро(не)органические материалы.

МПК и DCC используют различные принципы, однако анализ с применением обеих классификаций дал сходные результаты, в особенности в отношении электроэнергетики, компьютерных устройств и систем управления.

### Организации — лидеры патентования

Анализ позволил выявить организации, получившие наибольшее число патентов. Подтвердилось превосходство автопроизводителей над академическими учреждениями в проведении ИиР в области создания гибридных автомобилей. Лидерами в данной сфере стали Toyota (13 266 патентов), Nissan (2397 патентов) и Nippondenso (1956 патентов) (рис. 7).

Аналогичный тренд был получен в исследовании [Kwon, Jeong, 2013]: Toyota занимает здесь высшую позицию, тогда как показатели Hyundai и Honda находятся на среднем уровне. Сопоставимые резуль-

Табл. 1. **Основные категории патентов в области создания гибридных автомобилей в соответствии с классификацией МПК-ВОИС**

Код МПК	Число патентов	Доля (%)	Описание*
B60W-020/00	9141	22.84	Системы управления, специально адаптированные для гибридных автомобилей, т. е. автомобилей с двумя и более основными двигателями разных типов, например электрическим и внутреннего сгорания, используемыми в качестве приводов
B60L-011/14	6861	17.14	Электроприводы с источником энергии, размещенным внутри автомобиля (преимущественно B60L 8/00, B60L 13/00); размещение или установка основных приводов в составе электромоторов и двигателей внутреннего сгорания для комбинированного или совместного использования, включая механизмы прямой механической передачи силы тяги
B60W-010/08	6126	15.31	Общее управление узлами автомобиля различных типов или различной функциональности (для приводов электромобилей с размещенным внутри них источником энергии), включая управление агрегатами электропривода, в том числе моторами или генераторами
B60K-006/00	5685	14.20	Размещение или установка нескольких основных приводов разного типа для комбинированного или совместного использования, в том числе гибридных приводов и систем в составе электромоторов и двигателей внутреннего сгорания
B60W-010/06	5182	12.95	Общее управление узлами автомобиля различных типов или различной функциональности (для приводов электромобилей с размещенным внутри них источником энергии), включая управление двигателями внутреннего сгорания

\* Данные в столбце 4 взяты из Раздела В — Выполнение операций; транспортировка.

Источник: [WIPO, 2014b].

Табл. 2. Основные категории патентов в классификации Derwent Class Codes

Код DCC	Число патентов	Доля (%)	Описание
X21	35 296	88.19	Электромобили (B60L). Электрические легковые автомобили, троллейбусы. Приводы, тормозные системы. Линии энергоснабжения, токосъемники. Тяговые аккумуляторные батареи. Устройства управления
X22	19 624	49.03	Автомобильное электрооборудование (F02P). Вспомогательные приспособления для автомобилей. Освещение для автомобилей. Зажигание для двигателей внутреннего сгорания. Контроллеры для двигателей внутреннего сгорания. Аккумуляторы и зарядные устройства. Пусковые электродвигатели, генераторы. Контрольно-измерительное оборудование и приборы для двигателей и автомобилей. Не связанные с двигателями контроллеры, в том числе для трансмиссии и тормозных систем
X16	11 618	29.03	Электрохимические аккумуляторы энергии (H01M). Первичные, вторичные, топливные элементы, батареи. Зарядные устройства для аккумуляторных батарей. Неэлектрохимические аккумуляторы электроэнергии
T01	7415	18.53	Цифровые компьютеры (G06C-F). Электронные устройства для обработки данных, интерфейсы, программное управление. Механические цифровые компьютеры
L03	4977	12.44	Электро(не)органические, химические свойства проводников, резисторов, магнитов, конденсаторов и переключателей; электроразрядные лампы, полупроводники и иные материалы, батареи, аккумуляторы, термоэлектрические устройства включая топливные элементы, магнитные носители информации, радиационно-эмиссионные устройства, жидкие кристаллы и базовые электрические элементы

\* Данные в столбце 4 взяты из Derwent Innovation Index.

Источник: [Thomson Reuters, 2009].

таты приводят и другие авторы. По данным [Ranaei et al., 2014], наивысшую патентную активность в таких направлениях, как аккумуляторные электромобили, гибридные электро- и водородные автомобили или автомобили на топливных элементах, демонстрирует концерн Toyota, за которым следуют Nissan и Honda.

*Совместные патенты компании Toyota*

Отдельному анализу в области создания ГЭМ были подвергнуты лидер отрасли — компания Toyota и полученные ею в период с 2000 по 2014 г. патенты. Таковых оказалось 45 из 1883 выявленных. Затем был предпринят анализ совместного патентования Toyota для выявления сложившихся партнерств. Результаты представлены в табл. 3.

За период 2000–2014 гг. Toyota запатентовала обширный спектр технологий в области ГЭМ в сотрудничестве с другими компаниями, в частности с Panasonic, Sanyo, Asin Seiki, Yokohama National University, Fujitsu Denso, Aisin A.W., Matsushita Denki Sangyo, Fuji Electrochemical, Matsushita Electric и Nippondenso (принадлежит Toyota). В дальнейшем приведенные данные будут дополнены, когда речь пойдет об активной коллаборации при выпол-

нении ИиР технологического характера в сфере гибридных автомобилей.

*Технологическая кооперация компании — лидера патентования*

Сотрудничество промышленных компаний, в том числе автомобилестроительных, для выхода на лидирующие технологические позиции неуклонно углубляется во всем мире. В широкой коэволюционной перспективе в такой кооперации участвуют автопроизводители, поставщики компонентов для двигателей, автовладельцы, ремонтные предприятия, дилеры, журналисты, университеты, исследовательские центры, банки, венчурные инвесторы, акционеры и политики [Dijk, Yarime, 2010]. Однако ведущая роль в этом процессе, бесспорно, принадлежит производителям. Компания Toyota — лидер патентования в области гибридного автомобилестроения — достигла наиболее заметного прогресса в следующих направлениях развития: а) рост конкурентоспособности в течение пяти лет за счет реализации стратегии открытых инноваций; б) получение большего числа патентов в сфере гибридных автомобилей, чем в других сегментах; в) вхождение наряду с Hyundai и Ford в группу лидеров ИиР благодаря сети международной кооперации [Kwon, Jeong, 2013].

Учитывая значимость компании Toyota, нами был проведен детальный анализ недавних кооперационных инициатив (табл. 4). В дополнение к этому учитывались разнообразные формы кооперации, сложившиеся у компании ранее. Так, еще в 2005 г. совместно с Ford компания занималась разработкой гибридных автомобилей и сбытом продукции американского автогиганта в Японии.

В заключение отметим, что лидерство Toyota на рынке гибридных автомобилей обусловлено оптимальным балансом между собственными разработками компании и активной технологической кооперацией. В настоящее время Toyota остается лидером в создании гибридных моделей автомоби-



Табл. 3. Совместные патенты компании Toyota в области гибридных электромобилей

Наименование компании — партнера Toyota	№ патента*	Дата публикации*
Sanyo Electric Co. Ltd. (Saol-C)	JP2014093127-A	19.05.2014
Sanyo Electric Co. Ltd. (Saol-C)	JP2013157104-A	15.08.2013
Sanyo Electric Co. Ltd. (Saol-C)	JP2013157130-A	15.08.2013
Aisin Seiki KK (AISE-C)	JP2011244529-A	01.12.2011
Yokohama Nat. Univ. (Uyyo-Non-standard)	JP2011097740-A	12.05.2011
Fujitsu Denso Ltd. (FUTD-C)	JP2010102944-A	06.05.2010
Aisin A.W. Co. Ltd. (AISW-C)	JP2009067256-A	02.04.2009
Matsushita Denki Sangyo KK (MATU-C)	JP2004088819-A	18.03.2004
Fuji Electrochemical Co. Ltd. (FJIC-C)	JP2004088878-A	18.03.2004
Matsushita Electric Ind. Co. Ltd. (MATU-C)	JP2003017142-A	17.01.2003
Matsushita Denki Sangyo KK (MATU-C)		
Panasonic Co. (MATU-C)		
Matsushita Electric Ind. Co. Ltd. (MATU-C)	JP2003079051-A	14.03.2003
Matsushita Denki Sangyo KK (MATU-C)		
Matsushita Electric Ind. Co. Ltd. (MATU-C)	JP2003004822-A	08.01.2003
Matsushita Denki Sangyo KK (MATU-C)		
Nippondenso Co. Ltd. (NPDE-C)	JP2003032907-A	31.01.2003
Denso Corp. (NPDE-C)		
Matsushita Electric Ind. Co. Ltd. (MATU-C)	JP2003007271-A	10.01.2003
Matsushita Denki Sangyo KK (MATU-C)		
Matsushita Electric Ind. Co. Ltd. (MATU-C)	JP2003022837-A	24.01.2003
Matsushita Denki Sangyo KK (MATU-C)		
Matsushita Electric Ind. Co. Ltd. (MATU-C)	JP2002367684-A	20.12.2002
Matsushita Denki Sangyo KK (MATU-C)		
Panasonic Co. (MATU-C)	JP2001352688-A	21.12.2001
Nippondenso Co. Ltd. (NPDE-C)		
Matsushita Electric Ind. Co. Ltd. (MATU-C)	JP2001297801-A	26.10.2001
Matsushita Denki Sangyo KK (MATU-C)		
Matsushita Electric Ind. Co. Ltd. (MATU-C)	JP2002015781-A	18.01.2002
Matsushita Denki Sangyo KK (MATU-C)		
Panasonic Co. (MATU-C)	JP2001313019-A	09.11.2001
Matsushita Electric Ind. Co. Ltd. (MATU-C)		
Matsushita Denki Sangyo KK (MATU-C)	JP2001314041-A	09.11.2001
Panasonic Co. (MATU-C)		
Matsushita Electric Ind. Co. Ltd. (MATU-C)		

\* Данные получены из Derwent Innovation Index Patent Database.

Источник: [Thomson Reuters, 2014b].

лей. В январе 2014 г. в Японии ею были запущены в производство полностью переработанные мини-вэны Voxy (реализуются через дилерскую сеть Netz) и Noah (реализуются через дилерскую сеть Toyota Corolla). План продаж в Японии установлен на уровне 4600 машин в месяц для первых и 3400 для вторых [Toyota Motor Corporation, 2014].

## Второй этап

### Патентование гибридных приводов различных типов

Отправной точкой второго этапа исследования стало выявление гибридных автомобильных приводов, характеризующихся наибольшей патентной активностью, с использованием ранее примененной классификации (параллельные, последовательные и последовательно-параллельные приводы). Из под-

вергнутых анализу 40 023 патентов 1475 относятся к преобладающему параллельному гибриднему типу приводов (рис. 8).

### Патентование альтернативных источников энергии различных типов

Важность выявления альтернативных источников энергии, отличающихся самыми высокими показателями патентной активности, обусловлена неуклонным ростом интереса к ним со стороны производителей гибридных и электромобилей. Речь, в частности, идет о таких новых «зеленых» технологиях, как водородные топливные элементы. Игроки автомобильной отрасли ведут интенсивные ИиР в области неэлектрических видов энергии с прогнозируемым существенным ростом в ближайшие годы [Marketline, 2014] (рис. 9).

Табл. 4. **Направления кооперации компании Toyota с другими организациями в области создания гибридных автомобилей**

Наименование организации- партнера	Период сотрудничества	Цель сотрудничества
Национальная лаборатория возобновляемых источников энергии Министерства энергетики США (U.S. Department of Energy's (DOE) National Renewable Energy Laboratory (NREL))	2013	Активизация исследований NREL в области водородного топлива, устойчивого производства водорода и повышения эффективности автомобилей. Предоставление компанией Toyota для выполнения этих задач четырех усовершенствованных моделей гибридных автомобилей на топливных элементах в рамках двухлетнего соглашения с NREL о совместных ИиР
BMW Group <sup>a</sup>	2013	Совместная разработка системы топливных элементов, архитектуры и компонентов для спортивного автомобиля; выполнение ИиР в области технологий снижения веса. Обе организации также заключили соглашение о намерении начать сотрудничество в области создания литиево-воздушных и постлитиевых аккумуляторов
Nissan Motor Co., Ltd. <sup>a</sup> Honda Motor Co., Ltd. <sup>a</sup> Mitsubishi Motors Corporation <sup>a</sup>	2013	Продвижение, установка и использование зарядных станций для электромобилей (PHV, PHEV, EV); создание сети зарядных станций, лучше адаптированных к нуждам японских водителей. Создание с этой целью новой компании Nippon Charge Service
Energy Duke Energy Systems Network <sup>a</sup>	2012	Разработка простого и недорогого коммуникационного протокола для использования в интеллектуальных сетях, которые связывают гибридный автомобиль с зарядной станцией и поставщиком электроэнергии, обеспечивая эффективное управление его зарядкой. Запуск пилотного проекта с предоставлением пяти автомобилей Toyota Prius клиентам компании Duke Energy
Osaka Gas Co., Ltd. <sup>a</sup> Chofu Seisakusho Co., Ltd. <sup>a</sup> Aisin Seiki Co., Ltd. <sup>a</sup>	2012	Разработка когенерационной системы на твердооксидных топливных элементах (SOFC) для использования в жилых районах и эффективностью производства энергии итоговым продуктом (ENE-FARM Type S) в 46.5%
Ford <sup>6</sup>	2011	Разработка гибридно-электрической трансмиссии специально для легких заднеприводных пикапов и внедорожников. От совместного проекта решено было отказаться после продолжавшейся два года разработки технико-экономического обоснования
Tesla Motors <sup>a</sup>	2010	Разработка производственных систем выпуска и технического обслуживания электромобилей. Приобретение Toyota 3% акций компании Tesla Motors, принявшей участие в совместной разработке штепсельного электромобиля, трансмиссии для него и т. п. Toyota со своей стороны предоставила Tesla необходимую поддержку в области инжиниринга и организации производства
Kajima Corporation <sup>a</sup> Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. <sup>a</sup> Nippon Oil Corporation <sup>a</sup> Sapporo Engineering Co., Ltd. <sup>a</sup> Toray Industries, Inc. <sup>a</sup>	2009	Создание совместного венчурного предприятия для разработки биотоплива следующего поколения на основе целлюлозы

Источники: <sup>a</sup>[Global Data, 2014], <sup>6</sup>[Visnic, 2011; Korzeniewski, 2013], <sup>a</sup>[Karamitsios, 2013].

Преимущество имеют патенты, связанные с использованием водорода (1655 патентов); далее идут солнечная энергия (413 патентов) и природный газ (125 патентов).

**Новейшие патенты компаний — лидеров в области альтернативной энергии**

С учетом размеров выборки дополнительный анализ патентов в области гибридных приводов был предпринят в отношении пяти компаний-лидеров и двух важнейших альтернативных источников энергии — водорода и солнечной энергии. Поиск шел одновременно по наименованиям фирм-заявителей и ключевым словам. Новейшие из 1009 выявленных патентов представлены в табл. 5.

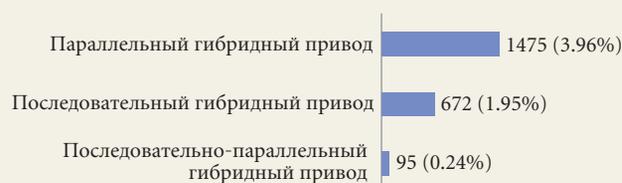
Абсолютное превосходство с точки зрения самых последних технологических достижений в области аккумуляторов, включая источники энергии для зарядки контролируемого устройства, продемонстрировала компания Toyota. Hyundai принадлежит изобретение, позволяющее открывать багажник автомобиля бесконтактным способом.

Прогресс в области использования солнечной энергии в гибридных автомобилях был также про-

анализирован на примере пяти компаний-лидеров. Новейшие из 56 выявленных патентов приведены в табл. 6.

Максимальный уровень патентной активности в применении солнечной энергии характерен для компании Nippondenso, совладельцем которой выступает Toyota. В настоящее время исследования Nippondenso сосредоточены на разработке фото-электрических генераторов, преобразователей энергии и контроллеров для них.

Рис. 8. **Число патентов, выданных в 2000–2014 гг., по типам гибридных приводов**



Источник: расчеты авторов.

Рис. 9. Число патентов в области альтернативных источников энергии для гибридных автомобилей, выданных в 2000–2014 гг.



Источник: расчеты авторов.

## Заключение

Ключевым результатом нашего исследования стало описание технологического ландшафта в области разработки гибридных автомобилей на основе системного патентного анализа. Это первый подход к выявлению и анализу потока патентов в данной сфере за период с 2000 по 2014 г. Всего было рассмотрено 40 023 патента, что позволило идентифицировать глобальные приоритеты ИиР в отмеченной области: инжиниринг (39 094 патента), транспорт (37 303 патента), энергия и топливо (18 086 патентов).

Согласно стандартным классификациям в фокусе внимания игроков отрасли находятся технологии группы В60W МПК: системы управления, адаптированные к использованию в гибридных автомобилях, т. е. с двумя или более основными приводами как минимум двух разных типов [WIPO, 2014a]. Анализ на основе кодов классов Derwent (DCC) зафиксировал наивысшую патентную активность в области электромобилей, троллейбусов, приводов, энергосистем, тяговых батарей и контрольно-измерительной аппаратуры.

Лидерами патентования в области создания гибридных автомобилей выступают компании Toyota, Nissan, Nippondenso, Honda и Hyundai. Как выяснилось, выполняемые в Toyota ИиР опираются на

сильную кооперационную стратегию. В частности, компания владеет совместными патентами на гибридные электромобили совместно с такими организациями, как Sanyo, Aisin Seiki, Национальный университет Иокогамы (Yokohama National University) и др. Преобладающими типами гибридных приводов на глобальной карте ИиР являются параллельный (1475 патентов) и последовательный (672 патента).

Среди альтернативных источников энергии, применяемых в указанной сфере, наибольшим вниманием исследователей пользуются водород (1655 патентов), солнечная энергия (413 патентов) и природный газ (125 патентов). Лидером отрасли также является Toyota, которая разрабатывает технологии гибридных автомобилей, базирующиеся на применении электричества, водорода и солнечной энергии. Проведенный анализ позволит игрокам сектора лучше понять направления конкретных актуальных исследований с точки зрения общепринятых классификаций предметных полей, технологических категорий, лидеров патентования, совместных патентов, сотрудничества, типов гибридных приводов и альтернативных источников энергии, а также новейших патентов, полученных ведущими компаниями.

Подтверждена решающая роль совместных исследований в обеспечении лидирующих позиций отдельных игроков рынка, что может помочь в принятии стратегических решений по поддержке ИиР и инновационной деятельности в секторе. Представленная в данном исследовании методология может быть использована в дальнейшем при изучении других технологий.

## Рекомендации и ограничения

Настоящая статья представляет собой предварительный обзор исследований и примеров сотрудничества компаний в области создания гибридных автомобилей на основе системного патентного анализа. В силу масштабов отрасли получение более детализированных данных требует концентрации на отдельных направлениях. В развитие проделан-

Табл. 5. Новейшие патенты, полученные компаниями — лидерами в области использования водорода

Номер патента	Компания-заявитель	Дата публикации
JP2014184816-A	Toyota Jidosha KK (~TOYT-C)	02.10.2014
JP2014187771-A	Toyota Jidosha KK (~TOYT-C)	02.10.2014
EP2784754-A1	Hyundai Motor Co. Ltd. (~HYMR-C). Ltd.	01.10.2014
JP2014180960-A	Toyota Jidosha KK (~TOYT-C)	29.09.2014
JP2014167845-A	Toyota Jidosha KK (~TOYT-C).	11.09.2014

Источник: Derwent Innovation Index Patent Database [Thomson Reuters, 2014b].

Табл. 6. Новейшие патенты, полученные компаниями — лидерами в области использования солнечной энергии

Номер патента	Компания-заявитель	Дата публикации
JP2014176251-A	Nippondenso Co. Ltd. (~NPDE-C)	22.09.2014
JP2014174876-A	Nippondenso Co. Ltd. (~NPDE-C)	22.09.2014
JP2014171274-A	Nippondenso Co. Ltd. (~NPDE-C)	18.09.2014
JP2014166056-A	Nippondenso Co. Ltd. (~NPDE-C)	08.09.2014
JP2014166055-A	Nippondenso Co. Ltd. (~NPDE-C)	08.09.2014

Источник: Derwent Innovation Index Patent Database [Thomson Reuters, 2014b].

ной нами работы представляется плодотворным выявление корреляции между переменными, характеризующими тенденции и эволюцию технических возможностей посредством картирования технологий. Важно также учитывать, что патентный анализ не охватывает отрасль во всем ее стратегическом многообразии и требует более широкого исследования рынка. Безусловный лидер в области патентования и совместных исследований компания Toyota в 2013 г. сократила свою рыночную долю из-за роста продаж конкурентов. Так, Ford за последнее время

существенно расширил свое присутствие на рынке автомобилей, использующих альтернативное топливо. Определенного успеха удалось достичь производителям таких электромобилей, как Tesla Model S и Nissan Leaf [Marketline, 2014].

Тем не менее, как было отмечено ранее, концерн Toyota неуклонно наращивает свою инновационную деятельность. В начале текущего года компания вывела на японский рынок последние версии своих гибридных автомобилей, которым отраслевые эксперты-аналитики прочат большой успех. ■

- Boesel J. (2013) Hybrid vehicle technology and trends // Fleet Maintenance. Vol. 17. № 1. P. 22–24.
- Brody R. (2008) Issues in defining competitive intelligence: An exploration // Engineering Management Review. Vol. 4. № 3. P. 3–16.
- Burns K., Levings S. (1993) How many years until mangrove ecosystems recover from catastrophic oil-spills // Marine Pollution Bulletin. Vol. 26. № 5. P. 239–248.
- Calof J., Richards G., Smith J. (2015) Foresight, competitive intelligence and business analytics — Tools for making industrial programs more efficient // Foresight-Russia. Vol. 9. № 1. P. 68–81.
- Custommedia (2014a) Las ventas mundiales de híbridos Toyota superan los seis millones de unidades. Режим доступа: <http://www.compromisorse.com/rse/2014/01/15/las-ventas-mundiales-de-hibridos-toyota-superan-los-seis-millones-de-unidades/>, дата обращения 15.01.2014.
- Custommedia (2014b) Las ventas globales del Nissan Leaf alcanzan las 100.000 unidades. Режим доступа: <http://www.compromisorse.com/acciones-rse/2014/01/21/las-ventas-globales-del-nissan-leaf-alcanzan-las-100000-unidades/>, дата обращения 21.01.2014.
- Denisova L., Efremenkova V., Kusch G., Ponomarenko T. (2011) Bibliometric analysis of patent documents disclosed in the information products of the RAS All-Russia Institute of S&T Information // Scientific and Technical Information Processing. Vol. 38. № 2. P. 123–131.
- Dijk M., Yarime M. (2010) The emergence of hybrid-electric cars: Innovation path creation through co-evolution of supply and demand // Technological Forecasting and Social Change. Vol. 77. P. 1371–1390.
- Emadi A. (2005) Handbook of Automotive Power Electronics and Motor Drives (1st ed.). Washington, D.C.: Taylor & Francis Group.
- Forrester J.W. (1961) Industrial Dynamics (1st ed.). Cambridge, MA: MIT Press.
- Global Data (2014) Toyota Motor Corporation Report № 7203: Alternative energy deals and alliances profile. Режим доступа: <http://globalcompanyintelligence.com>, дата обращения 01.05.2014.
- Karamitsios A. (2013) Open innovation in EVs: A case study of Tesla Motors (PhD Dissertation). Stockholm: KTH School of Industrial Engineering and Management.
- Khan I.A. (1994) Battery chargers for electric and hybrid vehicles // Power electronics in transportation: Proceeding of the 1994 workshop on power electronics in transportation, IEEE, Michigan, USA. P. 103–112.
- Korzeniewski J. (2013) Toyota, Ford decides to end hybrid collaboration before it starts. Режим доступа: <http://www.fordinsideneews.com/forums/showthread.php?p16897-Toyota-Ford-decide-to-end-hybrid-collaboration-before-it-starts&s=65a36bad9fd7fc7a93bbacb-c010040a5>, дата обращения 23.07.2013.
- Kraft T. (2012) Electric vehicles: A historical snapshot // Tech Directions. Vol. 72. № 4. P. 16–19.
- Kwon Y., Jeong D. (2013) Analysis on patent activity and technical diversity in green car fields // Collnet Journal of Scientometrics and Information Management. Vol. 7. № 1. P. 141–159.
- Lai K., Mei-Lan L., Shu-Min Ch. (2006) Research trends on patent analysis: An analysis of the research published in library's electronic databases // Journal American Academy of Business, Cambridge. Vol. 8. № 2. P. 248–253.
- Lee S., Kang S., Oh M., Kim K., Park E., Lee S., Park Y. (2006) Using patent information for new product development: Keyboard-based technology roadmapping approach // Proceedings of the Conference Technology Management for the Global Future (PICMET) 2006, Istanbul. Vol. 3. P. 1496–1502.
- Lugo M.J. (2008) Modelo de evaluación de tecnología basado en la conjunción de análisis de patentes y roadmapping (MSc Dissertation). México: Tecnológico de Monterrey.
- Marinescu M., Toti M., Tanase V., Plopeanu G., Calciu I. (2011) The effects of crude oil pollution on physical and chemical characteristics of soil // Research Journal of Agricultural Science. Vol. 43. № 3. P. 125–129.
- MarketLine (2014) Hybrid and electric cars in the US: Two differing strategies. Режим доступа: <http://www.researchandmarkets.com/reports/2847651/hybrid-and-electric-cars-in-the-us-two-differing#pos=0>, дата обращения 08.04.2015.
- Márquez R. (2007) Inquietan efectos de contaminación. Режим доступа: <http://reforma.vlex.com.mx/vid/inquietan-efectos-contaminacion-195524423>, дата обращения 05.03.2007.
- Mogee M. (1991) Using patent data for technology analysis and planning // Research-Technology Management. Vol. 34. № 4. P. 43–51.
- Momoh O., Omoigui M. (2009) An overview of hybrid electric vehicle technology. Paper presented at the 5th IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference 2009, Michigan, USA.

- Moretti M. (2004) The talent war: CI in the hiring process. Режим доступа: [http://www.imakenews.com/eletra/mod\\_print\\_view.cfm?this\\_id=248432&u=scip2&issue\\_id=000048936&show=F,F,F,T,F,Article,F,F,F,T,T,F,F,T,T](http://www.imakenews.com/eletra/mod_print_view.cfm?this_id=248432&u=scip2&issue_id=000048936&show=F,F,F,T,F,Article,F,F,F,T,T,F,F,T,T), дата обращения 12.04.2004.
- Porter A.L., Cunningham S.W., Sanz A. (2015) Advancing the Forecasting Innovation Pathways Approach: Hybrid & Electric Vehicles Case // *International Journal of Technology Management* (forthcoming).
- Ramos A. (2011) Elaboración de mapeos tecnológicos retrospectivos integrando el análisis de patentes con el technology roadmapping (MSc Dissertation). México: Tecnológico de Monterrey.
- Ranaei S., Karvonen M., Suominen A., Kässi T. (2014) Forecasting emerging technologies of low emission vehicle. Proceedings of the Infrastructure and Service Integration Conference (PICMET) 2014, Kanazawa. Vol. 1. P. 2924–2937.
- Rodríguez M. (2003) Análisis de patentes en la inteligencia competitiva y tecnológica: el caso de los materiales avanzados // *Puzzle: Revista Hispana de la Inteligencia Competitiva*. Vol. 2. № 8. P. 4–9.
- Rodríguez M., Esquivel D. (2013) Advances in solar and thermal energy for hybrid vehicles: A patent trend analysis // *ARPN Journal of Systems and Software*. Vol. 3. № 3. P. 31–39.
- Rodríguez M., Tello M. (2012) Applying patent analysis with competitive technological intelligence: The case of plastics // *Journal of International Business Studies*. Vol. 2. № 1. P. 51–58.
- Sawin J. (2012) Renewables 2012 Global Status Report. Режим доступа: [http://map.ren21.net/GSR/GSR2012\\_low.pdf](http://map.ren21.net/GSR/GSR2012_low.pdf), дата обращения 11.06.2012.
- Sewe E., León N. (2010) Hybrid vehicle stirling engine and thermal energy storage (MSc Dissertation). México: Tecnológico de Monterrey.
- Streltsova E. (2014) Patent activity in biotechnology // *Foresight Russia*. Vol. 8. № 1. P. 52–65.
- TechNavio (2014) Global Hybrid Electric Vehicle Market 2014–2018. Режим доступа: [http://www.researchandmarkets.com/research/d7jqnk/global\\_hybrid](http://www.researchandmarkets.com/research/d7jqnk/global_hybrid), дата обращения 08.04.2015.
- Thomson Reuters (2009) Derwent Innovation Index sm. Режим доступа: [http://images.webofknowledge.com/WOK46/help/DII/hcodes\\_classes.html](http://images.webofknowledge.com/WOK46/help/DII/hcodes_classes.html), дата обращения 08.04.2015.
- Thomson Reuters (2014a) Web of Science. Режим доступа: [http://wokinfo.com/products\\_tools/multidisciplinary/dii/](http://wokinfo.com/products_tools/multidisciplinary/dii/), дата обращения 08.04.2015.
- Thomson Reuters (2014b) Derwent Innovation Indexsm Patent Database. Режим доступа: <http://thomsonreuters.com/en/products-services/intellectual-property/patent-research-and-analysis/derwent-world-patents-index.html>, дата обращения 31.10.2014.
- Toyota Motor Corporation (2008) Annual report pursuant to section 13 or 15(d) of the securities exchange act of 1934. Режим доступа: <http://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1094517/000119312508140299/d20f.htm>, дата обращения 25.06.2008.
- Toyota Motor Corporation (2014) Toyota launches fully redesigned 'Voxy' and 'Noah' minivans in Japan; class-first hybrid system achieve Fuel Efficiency of 23.8 km/L. Режим доступа: <http://www2.toyota.co.jp/en/news/14/01/0120.htm>, дата обращения 20.01.2014.
- Trappey C., Trappey A., Wu Ch. (2010) Clustering patents using non-exhaustive overlaps // *Journal of Systems Science and Systems Engineering*. Vol. 19. № 2. P. 162–181.
- Trappey C., Wu H., Taghaboni-Dutta F.A. (2011) Using patent data for technology forecasting: China RFID patent analysis // *Advanced Engineering Informatics*. Vol. 25. № 1. P. 53–64.
- Urdiales J., Limón R. (2009) Vehículos híbridos: acoplamiento sinérgico de motor térmico y eléctrico. Режим доступа: <http://www.udg.edu/LinkClick.aspx?fileticket=rwBdBYO8gjY%3D&tabid=8702&language=ca-ES>, дата обращения 05.10.2009.
- U.S. Department of Energy (2005) History of electric vehicles: the early years (1890–1930). Washington, D.C.: U.S. Department of Energy. Режим доступа: [http://www1.eere.energy.gov/vehiclesandfuels/avta/light\\_duty/fsev/fsev\\_history.html](http://www1.eere.energy.gov/vehiclesandfuels/avta/light_duty/fsev/fsev_history.html), дата обращения 11.06.2005.
- Van Brakel P. (2005) Innovation and competitiveness in South Africa: The case for competitive intelligence as an instrument to make better use of information // *South African Journal of Information Management*. Vol. 7. № 1. P. 1–2.
- Ventana Systems Inc. (2006) Vensim Personal Learning Edition (PLE). Режим доступа: <http://vensim.com/vensim-personal-learning-edition/>, дата обращения 16.01.2015.
- Visnic B. (2011) Ford and Toyota to collaborate on hybrid trucks. Режим доступа: <http://www.edmunds.com/autoobserver-archive/2011/08/ford-and-toyota-to-collaborate-on-hybrid-trucks.html>, дата обращения 22.08.2011.
- WIPO (2014a) World Intellectual Property Organization database. Section B — Performing Operations; Transporting. Режим доступа: <http://cip.oepm.es/ipcpub/#lang=es&menulang=ES&refresh=page&notion=scheme&version=20060101&symbol=B60W010180000>, дата обращения 28.02.2014.
- WIPO (2014b) World Intellectual Property Organization database. Section B — Performing Operations; Transporting. Режим доступа: <http://web2.wipo.int/ipcpub/#refresh=page&notion=scheme&version=20130101&symbol=B60>, дата обращения 02.10.2014.
- Zemke R. (2001) Systems thinking // *Journal of Training*. Vol. 38. № 2. P. 40–46.
- Zhou S., Wu Z., Li J., Zhang X. (2014) Real-time energy control approach for smart home: Energy management system // *Electric Power Components and Systems*. Vol. 42. № 3–4. P. 315–326.

# Technological Landscape and Collaborations in Hybrid Vehicles Industry

Marisela Rodríguez

Professor. E-mail: marisrod@itesm.mx

Francisco Paredes

Research Fellow. E-mail: franciscoparedesleon@gmail.com

Centro de Innovación en Diseño y Tecnología, Tecnológico de Monterrey

Address: Avenida Eugenio Garza Sada 2501 Sur, Colonia Tecnológico, Monterrey, Nuevo León, 64849, México

## Abstract

The main purpose of this paper is to develop a patent study on hybrid vehicles as an initial approach to identify the patent density in this field and the collaborative efforts of organizations with the highest patent activity, including strategic partners and more recent patents. The present paper presents the technological landscape of hybrid vehicles by means of a methodology that integrates collaborative systems engineering with patent analysis. Its major contributions lie in the methodology employed and insights obtained. We obtained and analyzed a total of 40,023 patents from 2000 to 2014. The research was developed through two stages. Stage one identified the main emphasis of research and the top patent companies. Furthermore, we analysed collaborations efforts.

Results show that patent activity mainly focuses on control and electric vehicle propulsion, as well as on control systems especially adapted for hybrid vehicles. The analysis indicates that the company with the highest

patent activity also has a strong focus on collaborative technology development. Toyota stands out for having the highest patenting rate and a diversity of collaboration agreements, particularly for Hybrid and Electric Vehicle Technologies. The second stage included determining the research focus according to the type of hybrid vehicle, the predominant alternative energy sources, and the recent patents of top companies according to the most frequent alternative source of energy.

The insights obtained indicate that research on parallel hybrid vehicle predominates, followed by series-hybrid and series-parallel hybrid type. Turning to alternative sources of energy, there is extensive research on hydrogen, followed by solar energy. Toyota and Hyundai occupy the leading positions; we also identified their recent inventions in this arena. This paper contributes to the ongoing research on hybrid vehicles. The outcomes of this study aim to support the strategic decision-making processes by stakeholders involved in the automotive sector.

## Keywords

patent analysis; hybrid vehicles; collaborative research; hybrid electric vehicles (HEV); green car technology

DOI: 10.17323/1995-459X.2015.2.6.21

## Citation

Rodríguez M., Paredes F. (2015) *Technological Landscape and Collaborations in Hybrid Vehicles Industry*. *Foresight-Russia*, vol. 9, no 2, pp. 6–21. DOI: 10.17323/1995-459x.2015.2.6.21

## References

- Boesel J. (2013) Hybrid vehicle technology and trends. *Fleet Maintenance*, vol. 17, no 1, pp. 22–24.
- Brody R. (2008) Issues in defining competitive intelligence: An exploration. *Engineering Management Review*, vol. 4, no 3, pp. 3–16.
- Burns K., Levings S. (1993) How many years until mangrove ecosystems recover from catastrophic oil-spills. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 26, no 5, pp. 239–248.
- Calof J., Richards G., Smith J. (2015) Foresight, competitive intelligence and business analytics — Tools for making industrial programs more efficient. *Foresight-Russia*, vol. 9, no 1, pp. 68–81.
- Custommedia (2014a) *Las ventas mundiales de híbridos Toyota superan los seis millones de unidades* [Worldwide sales of Toyota hybrid vehicles exceeded six millions units]. Available at: <http://www.compromisorse.com/rse/2014/01/15/las-ventas-mundiales-de-hibridos-toyota-superan-los-seis-millones-de-unidades/>, accessed 15.01.2014 (in Spanish).
- Custommedia (2014b) *Las ventas globales del Nissan Leaf alcanzan las 100.000 unidades* [Worldwide sales of Nissan Leaf achieved 100,000 units]. Available at: <http://www.compromisorse.com/acciones-rse/2014/01/21/las-ventas-globales-del-nissan-leaf-alcanzan-las-100000-unidades/>, accessed 21.01.2014 (in Spanish).
- Denisova L., Efremenkova V., Kusch G., Ponomarenko T. (2011) Bibliometric analysis of patent documents disclosed in the information products of the RAS All-Russia Institute of S&T Information. *Scientific and Technical Information Processing*, vol. 38, no 2, pp. 123–131.
- Dijk M., Yarime M. (2010) The emergence of hybrid-electric cars: Innovation path creation through co-evolution of supply and demand. *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 77, pp. 1371–1390.
- Emadi A. (2005) *Handbook of Automotive Power Electronics and Motor Drives* (1st ed.), Washington, D.C.: Taylor & Francis Group.

- Forrester J.W. (1961) *Industrial Dynamics* (1st ed.), Cambridge, MA: MIT Press.
- Global Data (2014) *Toyota Motor Corporation Report no 7203: Alternative energy deals and alliances profile*. Available at: <http://globalcompanyintelligence.com>, accessed 01.05.2014.
- Karamitsios A. (2013) *Open innovation in EVs: A case study of Tesla Motors* (PhD Dissertation), Stockholm: KTH School of Industrial Engineering and Management.
- Khan I.A. (1994) Battery chargers for electric and hybrid vehicles. *Power electronics in transportation: Proceeding of the 1994 workshop on power electronics in transportation*, IEEE, Michigan, USA, pp. 103–112.
- Korzeniewski J. (2013) *Toyota, Ford decides to end hybrid collaboration before it starts*. Available at: <http://www.fordinsideneews.com/forums/showthread.php?16897-Toyota-Ford-decide-to-end-hybrid-collaboration-before-it-starts&s=65a36bad9d7fc7a93bbacbc010040a5>, accessed 23.07.2013.
- Kraft T. (2012) Electric vehicles: A historical snapshot. *Tech Directions*, vol. 72, no 4, pp. 16–19.
- Kwon Y., Jeong D. (2013) Analysis on patent activity and technical diversity in green car fields. *Collnet Journal of Scientometrics and Information Management*, vol. 7, no 1, pp. 141–159.
- Lai K., Mei-Lan L., Shu-Min Ch. (2006) Research trends on patent analysis: An analysis of the research published in library's electronic databases. *Journal American Academy of Business, Cambridge*, vol. 8, no 2, pp. 248–253.
- Lee S., Kang S., Oh M., Kim K., Park E., Lee S., Park Y. (2006) Using patent information for new product development: Keyboard-based technology roadmapping approach. *Proceedings of the Conference Technology Management for the Global Future (PICMET) 2006*, Istanbul, vol. 3, pp. 1496–1502.
- Lugo M.J. (2008) *Modelo de evaluación de tecnología basado en la conjunción de análisis de patentes y roadmapping* [Technology evaluation model based on combining patent analysis and roadmapping] (MSc Dissertation), México: Tecnológico de Monterrey (in Spanish).
- Marinescu M., Toti M., Tanase V., Ploeanu G., Calciu I. (2011) The effects of crude oil pollution on physical and chemical characteristics of soil. *Research Journal of Agricultural Science*, vol. 43, no 3, pp. 125–129.
- MarketLine (2014) *Hybrid and electric cars in the US: Two differing strategies*. Available at: <http://www.researchandmarkets.com/reports/2847651/hybrid-and-electric-cars-in-the-us-two-differing#pos-0>, accessed 08.04.2015.
- Márquez R. (2007) *Inquietan efectos de contaminación*. Available at: <http://reforma.vlex.com.mx/vid/inquietan-efectos-contaminacion-195524423>, accessed 05.03.2007.
- Mogee M. (1991) Using patent data for technology analysis and planning. *Research-Technology Management*, vol. 34, no 4, pp. 43–51.
- Momoh O., Omoigui M. (2009) *An overview of hybrid electric vehicle technology*. Paper presented at the 5Th IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference 2009, Michigan, USA.
- Moretti M. (2004) *The talent war: CI in the hiring process*. Available at: [http://www.imakenews.com/eletra/mod\\_print\\_view.cfm?this\\_id=248432&u=scip2&issue\\_id=000048936&show=F,F,F,T,F,Article,F,F,F,T,T,F,F,T,T](http://www.imakenews.com/eletra/mod_print_view.cfm?this_id=248432&u=scip2&issue_id=000048936&show=F,F,F,T,F,Article,F,F,F,T,T,F,F,T,T), accessed 12.04.2004.
- Porter A.L., Cunningham S.W., Sanz A. (2015) Advancing the Forecasting Innovation Pathways Approach: Hybrid & Electric Vehicles Case. *International Journal of Technology Management* (forthcoming).
- Ramos A. (2011) *Elaboración de mapeos tecnológicos retrospectivos integrando el análisis de patentes con el technology roadmapping* [Development of integrated technology maps and retrospective patent analysis in technology roadmapping] (MSc Dissertation), México: Tecnológico de Monterrey (in Spanish).
- Ranaei S., Karvonen M., Suominen A., Kässi T. (2014) Forecasting emerging technologies of low emission vehicle. *Proceedings of the Infrastructure and Service Integration Conference (PICMET) 2014*, Kanazawa, vol. 1, pp. 2924–2937.
- Rodríguez M. (2003) Análisis de patentes en la inteligencia competitiva y tecnológica: el caso de los materiales avanzados [Patent Analysis in the competitive and technological intelligence: The case of advanced materials], *Puzzle: Revista Hispana de la Inteligencia Competitiva*, vol. 2, no 8, pp. 4–9.
- Rodríguez M., Esquivel D. (2013) Advances in solar and thermal energy for hybrid vehicles: A patent trend analysis. *ARPN Journal of Systems and Software*, vol. 3, no 3, pp. 31–39.
- Rodríguez M., Tello M. (2012) Applying patent analysis with competitive technological intelligence: The case of plastics. *Journal of International Business Studies*, vol. 2, no 1, pp. 51–58.
- Sawin J. (2012) *Renewables 2012 Global Status Report*. Available at: [http://map.ren21.net/GSR/GSR2012\\_low.pdf](http://map.ren21.net/GSR/GSR2012_low.pdf), accessed 11.06.2012.
- Sewe E., León N. (2010) *Hybrid vehicle stirling engine and thermal energy storage* (MSc Dissertation), México: Tecnológico de Monterrey.
- Streltsova E. (2014) Patent activity in biotechnology. *Foresight-Russia*, vol. 8, no 1, pp. 52–65.
- TechNavio (2014) *Global Hybrid Electric Vehicle Market 2014–2018*. Available at: [http://www.researchandmarkets.com/research/d7jqnk/global\\_hybrid](http://www.researchandmarkets.com/research/d7jqnk/global_hybrid), accessed 08.04.2015.
- Thomson Reuters (2009) *Derwent Innovation Index<sup>sm</sup>*. Available at: [http://images.webofknowledge.com/WOK46/help/DII/hcodes\\_classes.html](http://images.webofknowledge.com/WOK46/help/DII/hcodes_classes.html), accessed 08.04.2015.
- Thomson Reuters (2014a) *Web of Science*. Available at: [http://wokinfo.com/products\\_tools/multidisciplinary/dii/](http://wokinfo.com/products_tools/multidisciplinary/dii/), accessed 08.04.2015.
- Thomson Reuters (2014b) *Derwent Innovation Index<sup>sm</sup> Patent Database*. Available at: <http://thomsonreuters.com/en/products-services/intellectual-property/patent-research-and-analysis/derwent-world-patents-index.html>, accessed 31.10.2014.
- Toyota Motor Corporation (2008) *Annual report pursuant to section 13 or 15(d) of the securities exchange act of 1934*. Available at: <http://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1094517/000119312508140299/d20f.htm>, accessed 25.06.2008.
- Toyota Motor Corporation (2014) *Toyota launches fully redesigned 'Voxy' and 'Noah' minivans in Japan; class-first hybrid system achieve Fuel Efficiency of 23.8 km/L*. Available at: <http://www2.toyota.co.jp/en/news/14/01/0120.htm>, accessed 20.01.2014.
- Trappey C., Trappey A., Wu Ch. (2010) Clustering patents using non-exhaustive overlaps. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, vol. 19, no 2, pp. 162–181.
- Trappey C., Wu H., Taghaboni-Dutta F.A. (2011) Using patent data for technology forecasting: China RFID patent analysis. *Advanced Engineering Informatics*, vol. 25, no 1, pp. 53–64.
- Urdiales J., Limón R. (2009) *Vehículos híbridos: acoplamiento sinérgico de motor térmico y eléctrico* [Hybrid vehicles: Synergistic coupling of heat and electric engines]. Available at: <http://www.udg.edu/LinkClick.aspx?fileticket=rwBdBYO8gjY%3D&tabid=8702&language=ca-ES>, accessed 05.10.2009 (in Spanish).
- U.S. Department of Energy (2005) *History of electric vehicles: the early years (1890–1930)*, Washington, D.C.: U.S. Department of Energy. Available at: [http://www1.eere.energy.gov/vehiclesandfuels/avta/light\\_duty/fsev/fsev\\_history.html](http://www1.eere.energy.gov/vehiclesandfuels/avta/light_duty/fsev/fsev_history.html), accessed 11.06.2005.
- Van Brakel P. (2005) Innovation and competitiveness in South Africa: The case for competitive intelligence as an instrument to make better use of information. *South African Journal of Information Management*, vol. 7, no 1, pp. 1–2.
- Ventana Systems Inc. (2006) *Vensim Personal Learning Edition (PLE)*. Available at: <http://vensim.com/vensim-personal-learning-edition/>, accessed 16.01.2015.
- Visnic B. (2011) *Ford and Toyota to collaborate on hybrid trucks*. Available at: <http://www.edmunds.com/autoobserver-archive/2011/08/ford-and-toyota-to-collaborate-on-hybrid-trucks.html>, accessed 22.08.2011.
- WIPO (2014a) *World Intellectual Property Organization database. Section B — Performing Operations; Transporting*. Available at: <http://cip.oepm.es/ipcpub/#lang=es&menulang=ES&refresh=page&notion=scheme&version=20060101&symbol=B60W0010180000>, accessed 28.02.2014.
- WIPO (2014b) *World Intellectual Property Organization database. Section B — Performing Operations; Transporting*. Available at: <http://web2.wipo.int/ipcpub/#refresh=page&notion=scheme&version=20130101&symbol=B60>, accessed 02.10.2014.
- Zemke R. (2001) Systems thinking. *Journal of Training*, vol. 38, no 2, pp. 40–46.
- Zhou S., Wu Z., Li J., Zhang X. (2014) Real-time energy control approach for smart home: Energy management system. *Electric Power Components and Systems*, vol. 42, no 3–4, pp. 315–326.