



ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИКИ

УДК 629.114-585.2

Е.В. КУЗНЕЦОВ

аспирант¹

E-mail: evk92@mail.ru

В.Б. АЛЬГИН, д-р техн. наук, проф.

заместитель генерального директора по научной работе¹

E-mail: vladimir.algin@gmail.com

¹Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 19.03.2018.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ МНОГОСТУПЕНЧАТЫХ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАТЕНТНЫХ ЛАНДШАФТОВ И ИХ РАСЧЕТНЫЙ АНАЛИЗ

В данной статье рассматривается использование патентных ландшафтов в качестве инструмента для сбора информации и выявления тенденций развития схем коробок передач многоступенчатых гидромеханических трансмиссий (ГМТ), представлена методика сбора данных для построения патентных карт. Основное внимание уделено планетарным коробкам передач, которые широко применяются как в высокомоментных трансмиссиях тягачей и карьерной техники, так и в современных пассажирских автомобилях. Проведен расчетный анализ патентуемых схем ведущих мировых производителей ГМТ.

Ключевые слова: карьерная и внедорожная техника, гидромеханическая трансмиссия, схема, конструкция, передаточные числа, патентный ландшафт, расчетный анализ, тенденции

Введение. Определение места ГМТ среди других приводов и анализ особенностей отечественных коробок передач (БелАЗ, МЗКТ) уже проводились в [1], там же были даны общие понятия о патентных ландшафтах. В статье представлен подход к сбору данных для создания патентных ландшафтов, построение патентных карт и определение с их помощью тенденций развития высокомоментных трансмиссий мировых производителей. Применение патентных ландшафтов совместно с представленной ранее [2] методикой комплексной оценки нагруженности коробок передач позволяет четко определить направление исследовательской деятельности в отдельных областях патентования.

На сегодняшний день наиболее актуальными для тяжелой техники являются восьмиступенчатые коробки передач, поэтому основное внимание уделено этим трансмиссиям. При этом также рассмотрена область современных коробок пассажирских автомобилей с числом передач восемь и более, поскольку в этой области могут иметь

место оригинальные технические решения, применимые в перспективе и для тяжелых машин.

Методика сбора информации для патентных ландшафтов и примеры построения патентных карт. Число патентных документов (патентов, заявок и т. п.) в мире насчитывает около 100 млн единиц, и все они представлены в различных базах данных (БД). Усилия Всемирной организации по интеллектуальной собственности (ВОИС, WIPO) направлены на доведение информации об этих документах широкому кругу заинтересованных лиц на бесплатной основе.

С помощью мировых патентных БД пользователю предоставляется все более широкий спектр услуг:

- перевод технических терминов на разные языки;
- поиск патентов по ключевым словам, их комбинациям, другим признакам, содержащимся в патенте или заявке (этому способствует стандартизованная система кодирования информации — данные, приводимые в круглых скобках патентного документа);

- предоставление файла с полным описанием патента (обычно в виде pdf-файла);
- представление документа в различных видах: реферат, чертежи, описание, формула изобретения, их комбинаций;
- перевод патента (из pdf-файла) на разные языки и предоставление комбинированного документа, содержащего фразы оригинала и их перевод;
- список цитируемых патентов с возможностью их загрузки;
- список патентов, цитирующих данный патент, с возможностью их загрузки;
- статистику патентования в классе МПК (Международной патентной классификации), который соответствует найденному патенту и др.

Одним из современных инструментов анализа патентной информации, представления ее в удобной обозримой форме является патентный ландшафт. Методические рекомендации по подготовке отчетов о патентном обзоре (патентный ландшафт) Роспатента от 23.01.2017 № 8 содержат следующее определение: «Патентный ландшафт —

это информационно-аналитическое исследование патентной документации, показывающее в общем виде патентную ситуацию в определенном технологическом направлении либо в отношении патентной активности субъектов инновационной сферы с учетом временной динамики и территориального признака: страны, региона или в мировом масштабе».

Для создания патентных ландшафтов удобно использовать базу данных Espacenet, так как одной из ее функций является предоставление перечня цитируемых и цитирующих патентов, а также возможность скачать pdf-файлы подборок, в которых указываются не только заявитель, название, номер и год подачи заявки, но и реферат каждого из документов (исключением являются патенты немецкого патентного ведомства, рефераты к их документам не предоставлены). Пример такого pdf-файла приведен на рисунке 1.

Следует отметить, что полученные списки необходимо анализировать, так как не все представленные в них патенты могут соответ-

Содержание - Espacenet+search+results_091220171750.pdf

Espacenet+sea...1220171750.pdf

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

Espacenet search results on 09-12-2017 17:50

39 documents cited in relation to US8206257 (B2)
Displaying selected publications

Publication	Title	Page
US4038888 (A)	Speed change gear system	2
US2004102278 (A1)	MULTI-SPEED DUAL-CLUTCH PLANETARY TRA...	3
US4395925 (A)	Planetary gear change-speed transmission	4
US5106352 (A)	MULTISPEED AUTOMATIC TRANSMISSION FOR...	5
US2002142880 (A1)	Automatic transmission for a vehicle	6
US6572507 (B1)	Automatic transmission for motor vehi...	7
US6634980 (B1)	Multi-step gear	8
US2004116238 (A1)	Multi-stage transmission	9
US2005202922 (A1)	Multi-speed transmission and integrat...	10
US2004048716 (A1)	Multistep reduction gear	11
US2004097324 (A1)	Multistep gear	12
US2007207891 (A1)	Multi-speed transmission	13
US2007202982 (A1)	Multi-speed transmission	14
US2007213168 (A1)	Multi-speed transmission	15
US2008161149 (A1)	Multi-Step Transmission	16
US2009011891 (A1)	MULTI-SPEED TRANSMISSION	17
US2010048344 (A1)	MULTI-SPEED TRANSMISSION	18
US2011009228 (A1)	MULTI-STAGE GEARBOX	19
DE2936969 (A1)	EPICYCLIC CHANGE-SPEED GEARBOX WITH A...	20
DE19912480 (A1)	Automatisch schaltbares Kraftfahrzeug...	21
DE19949507 (A1)	Mehrstufengertriebe	22
DE10115983 (A1)	MULTISTEP GEAR	23
DE10115987 (A1)	Mehrstufengertriebe	24
DE10115995 (A1)	MULTISTEP REDUCTION GEAR	25
DE10213820 (A1)	Automatic transmission for a vehicle	26

Содержание | Закладки | Эскизы | Поиск

1 of 26

Рисунок 1 — Пример результирующего файла со списком цитируемых документов для патента US8206257 (коробка передач ZF9HP)

зовать исследуемой области. Например, в данном исследовании нас интересуют только патенты, описывающие схему коробки передач, однако в списке, предоставленном базой Espacenet, могут оказаться документы, описывающие алгоритм управления коробкой или затрагивающие варианты конструктивного представления отдельных элементов. Такие документы в патентном ландшафте можно не отражать.

Обработав выборки цитируемых и цитирующих документов, следует сгруппировать их в хронологическом порядке и представить графически. В данной статье при анализе патентов используется графическое представление в виде *патентной карты* (рисунок 2), которая строится следующим образом. Исходным элементом для построения служит выбранный в качестве базы документ. При указании связей рассматриваемого базового документа с цитируемыми патентами стрелка направляется к ним, а с цитирующими — к рассматриваемому документу.

Проанализировав получившуюся диаграмму (график), можно сказать, что исследования в области компактных многоступенчатых коробок передач интенсивно проводились уже с 2004 года, а публикация патента US8206257 в 2009 году повлекла за собой еще больший рост исследовательской активности.

В таблицах 1–6 приведены данные: 1) из самого раннего документа, цитируемого в базовом документе — *позиция 1*; 2) базового документа — *позиция 2*; и 3) самого позднего документа, цитирующего базовый — *позиция 3*. Для представленных коробок указаны числа: степеней свободы W ; передач N_p ; планетарных рядов N_{GS} ; муфт и тормозов N_{CB} .

Все представленные в таблице 1 коробки передач обеспечивают не менее 8 передач переднего хода и имеют 4 степени свободы. Коробка Daimler-Benz содержит больше планетарных рядов и элементов управления, чем остальные коробки, что делает ее сравнительно более габаритной.

Коробка, представленная в патенте US8206257(B2), соответствует конструкции коробки передач ZF9HP. Планетарная коробка передач компании ZF является самой компактной, однако ее входной и выходной валы не соосны. Это ограничивает область применения данной схемы в автомобилестроении. Необходимо отметить, что, кроме фрикционных, в коробке передач ZF применяются также две зубчатые муфты 07 и 18. Такое конструктивное решение позволило упростить конструкцию и получить девять передач переднего хода при сравнительно небольших габаритах, а также снизить внутренние потери в трансмиссии.

Отличительной чертой коробки компании Hyundai (см. таблицу 1, позицию 3) является наличие лишь одного тормоза при шести элемен-

тах управления. Наиболее сложным вопросом при компоновке может стать размещение первого планетарного ряда, солнечное колесо которого связано с двумя муфтами C1 и C4, при этом последняя из них блокирует его с водилом, что усложняет подвод рабочей жидкости. Также недостатком является наличие в коробке крупных обводных звеньев TM1, TM2 и TM5.

Далее представлены патентные карты для планетарных коробок передач компании Ford (рисунок 3), 10-ступенчатой вальной коробки компании Allison (рисунок 4), многоступенчатой коробки компании Honda (рисунок 5), Caterpillar (рисунки 6 и 7). Схемы и параметры к перечисленным коробкам указаны в таблицах 2–6.

Коробка передач US6053839(A) обладает наименьшим числом степеней свободы ($W = 3$) из представленных в таблице 2, то есть данная коробка наиболее проста в управлении. Это достигается за счет того, что в качестве одного из тормозов применена муфта свободного хода, которая блокирует водило третьего планетарного ряда только на первой передаче, в остальных случаях водило свободно вращается. Несмотря на относительно большое число элементов управления ($N_{CB} = 7$), эта коробка передач более удачна для компоновки, так как в ней применено всего две фрикционных муфты.

Вторая позиция в таблице 2 — новейшая схема компании Ford с 5-ю степенями свободы, которая соответствует коробке передач 10R80, представленной в 2017 году [9]. Схема обеспечивает 10 передач переднего хода. С точки зрения конструктивной сложности слабым местом является звено 64, связанное с тремя муфтами и не имеющее опоры, что затрудняет подвод жидкости к поршням фрикционов.

Далее в таблице приведена коробка компании Allison. По сравнению с рассмотренной выше коробкой 10R80 она обладает следующими преимуществами: меньшее количество фрикционных муфт, что улучшает компоновочные свойства, а также меньшее количество одновременно включенных элементов управления ($W = 4$). Также необходимо отметить, что коробка передач Allison обеспечивает две передачи заднего хода.

Все это позволяет сделать вывод, что наиболее рациональной коробкой передач в данной цепочке является коробка передач Allison.

Особый интерес представляют коробки передач, приведенные в таблице 3. Обе схемы разработаны компанией Allison Transmission.

Коробка передач, показанная в заявке US2005256631(A1), является гибридной гидромеханической и состоит из трех планетарных рядов (24, 26, 28), двух фрикционных муфт (C1, C2) и двух электродвигателей/генераторов (56, 72). Механическая часть имеет несколько режимов работы. Первый — когда замкнута

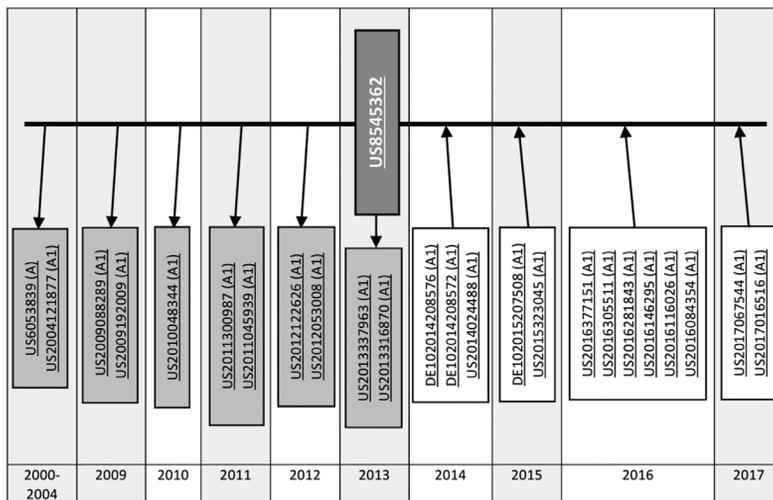


Рисунок 3 — Патентная карта для патента US8545362(B1)

Таблица 2 — Схемы и параметры коробок передач из патентной карты по рисунку 3

№	Коробка передач	U_i	W N_P N_{GS} N_{CB}	Компания, патентный документ
1		—	3 7+1 3 7	Ford Global Technologies, Inc. US6053839(A) [6]
2		4,70 2,99 2,18 1,80 1,54 1,29 1,00 0,85 0,69 0,64 -4,79	5 10+1 4 6	Ford Global Technologies, Inc. US8545362(B1) [7]
3		—	—	Allison Transmission, Inc. US2017067544(A1) [8]

во всем диапазоне скоростей. В добавок к этому, при одновременном задействовании муфт C1 и C2 происходит передача крутящего момента от двигателя к выходному звену с постоянным передаточным числом. При отключении обоих указанных элементов двигатель и выходное звено

разъединены. Коробка, представленная в заявке US2015314786 (A1), была использована при создании новейшей 10-ступенчатой коробки передач Allison TC10 [12]. Как видно из рисунка (см. таблицу 3, позицию 2), коробка состоит из вальной части планетарного редуктора и имеет 8 элементов управления. Необходимо отметить, что в отличие от предыдущих моделей Allison Transmission в данной коробке, кроме фрикционных муфт, используется зубчатая муфта, которая задействуется при включении передачи заднего хода. Преимущество данного решения заключается в том, что, в отличие от фрикционных элементов управления, в разомкнутом состоянии зубчатая муфта не создает сопротивление вращению, и тем самым снижает внутренние потери в трансмиссии.

В таблице 4 приведены схемы из патентной карты коробки передач Honda, представленной в 2017 году [16]. Общей особенностью этой цепочки является выход по центру редуктора, что может быть использовано либо при компоновке автомобиля с поперечным расположением двигателя, либо при компоновке с несоосным расположением входного и выходного валов. Несмотря на большое количество передач переднего хода

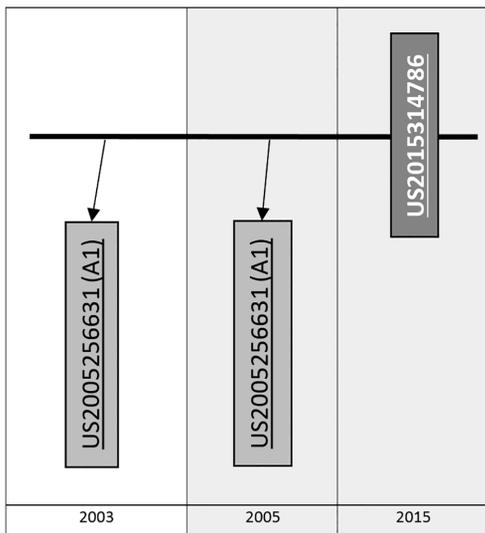


Рисунок 4 — Патентная карта для патента US2015314786(A1)

Таблица 3 — Схемы и параметры коробок передач из патентной карты по рисунку 4

№	Коробка передач	Патентный документ
1		GM Global Technology Operations, Inc. US2005256631(A1) [10]
2		Allison Transmission, Inc. US2015314786(A1) [11]

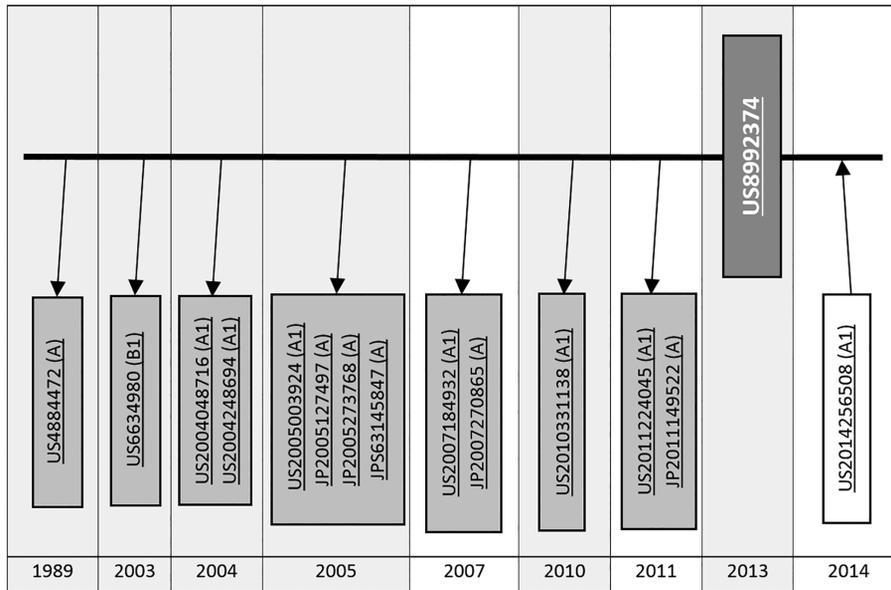


Рисунок 5 — Патентная карта для патента Honda US8992374B2

Таблица 4 — Схемы и параметры коробок передач из патентной карты по рисунку 5

№	Коробка передач	U_i	$\frac{W}{N_P}$ $\frac{N_{GS}}{N_{CB}}$	Компания, патентный документ
1		—	4 4+1 2 6	Aisin-Warner KK US4884472(A) [13]
2		5,233 3,367 2,298 1,705 1,363 1,000 0,786 0,657 0,584 0,520 -4,008	4 10+1 4 7	Honda Motor Co., Ltd. US8992374(B2) [14]
3		5,233 3,367 2,298 1,705 1,363 1,000 0,786 0,657 0,584 0,520 -4,008	4 10+1 4 7	Honda Motor Co., Ltd. US2014256508(A1) [15]

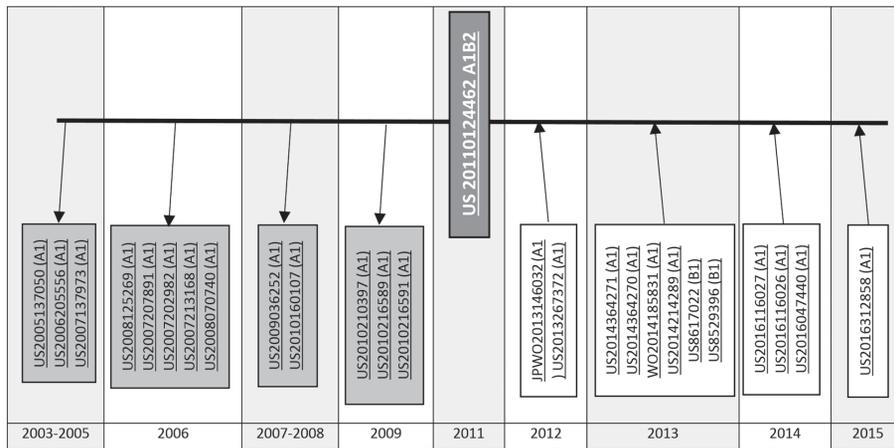


Рисунок 6 — Патентная карта для патента Caterpillar US20110124462A1B2

Таблица 5 — Схемы и параметры коробок передач из патентной карты по рисунку 6

№	Коробка передач	U_i	$\frac{W}{N_p}$ N_{GS} N_{CB}	Компания, патентный документ
1		8,4084 6,7118 5,3598 4,2645 3,404 2,7184 2,1722 1,7339 1,3846 -7,9958	—	Caterpillar, Inc. US2005137050(A1) [17]
2	<p>$\frac{N_{ring}}{N_{sun}}$ 2.27 1.80 1.80 3.70</p>	6,22 4,70 3,38 2,68 2,02 1,66 1,20 1,00 0,69 -5,87 -2,53	4 9+2 4 6	Caterpillar, Inc. US20110124462(A1B2) [18]
3		—	4 8+1 4 5	Allison Transmission, Inc. US2016312858(A1) [19]

и высокую компактность у коробок 2 и 3 позиций, для них характерна сложность конструкции и, как следствие, высокая нагруженность. Например, в коробке US2014256508(A1) водило последнего планетарного ряда не имеет опоры. Для улучшения компоновочных свойств коробки тормоз первого планетарного ряда выполнен с использованием зубчатой муфты B4 так же, как и у рассмотренной выше схемы ZF9HP. Для снижения числа степеней свободы тормоза B1 и B2 выполнены в виде муфт свободного хода, что также положительно сказывается и на компактности коробки.

Позиции 1 и 2 в таблице 5 — коробки передач компании Caterpillar. Вторая коробка так же, как и первая, обеспечивает 9 передач переднего хода, однако достигается это за счет большего числа степеней свободы при меньшем количестве планетарных рядов и элементов управления, что приводит к повышению нагруженности коробки. Обе коробки обладают хорошими компоновочными свойствами, так как в качестве элементов управления преимущественно используются тормоза (в коробке по позиции 1 всего одна муфта). Следует отметить, что коробка по позиции 1 не имеет прямой и повышающих передач. Коробка передач Allison (позиция 3) менее удачна для компоновки ввиду наличия крупных обводящих звеньев 226 и 236, расположенных во внешней части конструкции.

Расчетный анализ патентной карты Caterpillar US9234568(B2). Изучение патентных карт известных производителей позволяет проследить, в каком направлении велись разработки в определенный промежуток времени. В качестве примера представлен расчетный анализ коробок патентной карты Caterpillar по рисунку 7. Для этого, кроме исследуемого патента, были выбраны еще 2 схемы: одна из цитируемых (Toyota), вторая из цитирующих документов (Allison). Здесь следует отметить, что для сравнения необходимо отбирать только коробки одного типа,

в данном случае планетарные коробки передач с соосными входным и выходным валами. Как видно из таблицы 4, каждая коробка содержит четыре планетарных ряда и обеспечивает не менее 8 передач переднего хода. Далее был проведен силовой и кинематический расчет коробок передач, и на основании его результатов определены коэффициент нагруженности K_L и коэффициент компактности K_{PE} [2]. Результаты расчетного анализа сведены в таблицу 7.

По данным таблицы 7 построена зависимость показателя нагруженности от показателя компактности (рисунок 8).

Анализ патентной карты по рисунку 7 показывает тенденцию к снижению количества элементов управления при сохранении по возможности числа передач, что приводит к повышению нагруженности коробок, однако делает их более компактными. Так, исходя из параметров, представленных в таблице 7, коробка передач Caterpillar обладает наименьшим коэффициентом нагруженности. В сравнении с коробкой Toyota она имеет три тормоза и всего три фрикционных муфты, что значительно упрощает компоновку узла. Коробка Allison является самой нагруженной и обладает меньшим количеством тормозов, что повышает коэффициент компактности, однако обеспечивает только одну передачу заднего хода. Кроме этого, в данной коробке для всех трех фрикционных муфт ведомым является одно и то же звено, что негативно сказывается на компоновочных свойствах схемы.

Заключение. Патентный ландшафт позволяет анализировать состояние исследовательской активности и, соответственно, принимать решения о выборе или корректировке направления исследовательской деятельности. Кроме того, патентный ландшафт позволяет выявлять компании, проводящие исследовательскую активность при разработках аналогичных технологий.

Анализ патентных карт ведущих мировых производителей коробок передач показал, что на

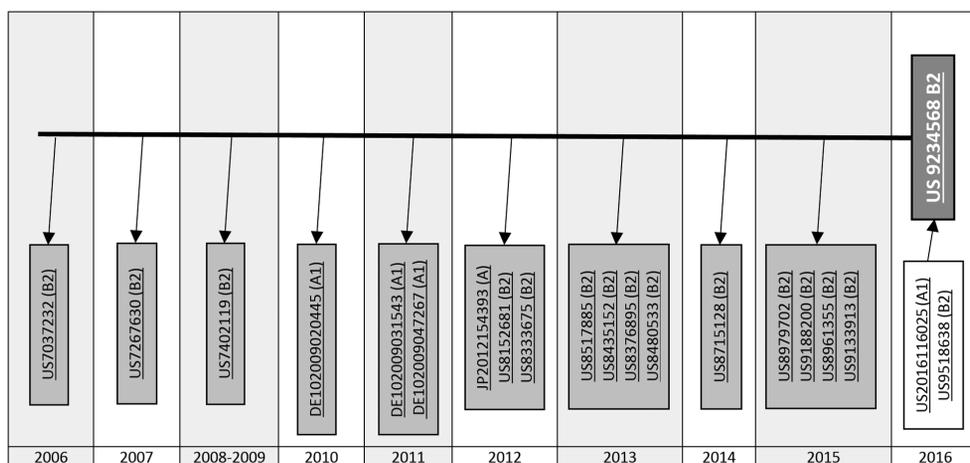


Рисунок 7 — Патентная карта для патента Caterpillar US9234568(B2)

Таблица 6 — Схемы и параметры коробок передач из патентной карты по рисунку 7

№	Коробка передач	U_i	$\frac{W}{N_p}$ $\frac{N_{GS}}{N_{CB}}$	U_{di}	Компания, патентный документ
1		4,648 4,100 2,578 1,786 1,438 1,237 1,000 0,814 0,658 0,552 -3,434 -1,923	3 10+2 4 7	-1,781 2,272 -1,924 2,194	Toyota Motor Corp. US7402119(B2) [20]
2		5,88 3,17 2,22 1,64 1,36 1,00 0,73 0,61 -5,75 -2,71	4 8+2 4 6	-2,034 -2,377 -3,500 -2,728	Caterpillar, Inc. US9234568(B2) [21]
3		4,684 3,168 2,187 1,720 1,267 1,000 0,866 0,676 -4,521	4 8+1 4 5	-2,227 -2,089 2,427 -3,684	Allison Transmission, Inc. US2016116025(A1) [22]

Таблица 7 — Схемы и параметры коробок передач из патентной карты по рисунку 5

Позиция	Патентообладатель	Номер патентного документа	K_{PE}	K_L
1	Toyota	US7402119(B2)	0,91	3,574
2	Caterpillar	US9234568(B2)	0,80	2,719
3	Allison	US2016116025(A1)	0,89	5,224

данный момент наиболее активно исследования проводятся в области компактных схем планетарных коробок передач с количеством передач 9 и 10. По сравнению с планетарными, значительно меньшая активность наблюдается в области вально-планетарных конструкций многоступенчатых коробок.

Прослеживается тенденция к снижению количества элементов управления и, по возможности,

применения зубчатых муфт и муфт свободного хода вместо фрикционных для снижения внутренних потерь и облегчения управления трансмиссией. Стремление создать более компактные многоступенчатые коробки приводит к росту нагруженности и высокой конструктивной сложности вновь патентуемых схем.

подавляющее число запатентованных коробок имеют повышающие передачи.

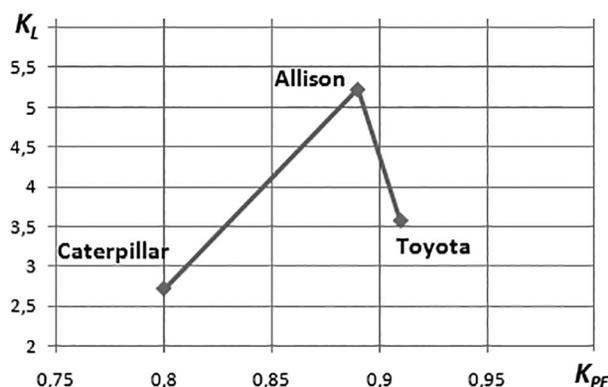


Рисунок 8 — Зависимость нагруженности от компактности коробок передач

В коробке передач ZF9HP, кроме фрикционных, применяются также две зубчатые муфты без синхронизаторов, что позволило упростить конструкцию и получить девять передач переднего хода при сравнительно небольших габаритах. Переключение передач в коробках с зубчатыми муфтами обязательно происходит с разрывом потока мощности. Для его минимизации и обеспечения гарантированного безударного включения передачи необходима четкая совместная работа систем управления двигателем и трансмиссией.

Основываясь на результатах изучения патентных ландшафтов компании Allison Transmission, можно сделать вывод о том, что крупные мировые производители коробок передач уже долгое время занимаются разработкой гибридных трансмиссий и на данный момент обладают хорошо проработанными и работоспособными схемами таких узлов.

Список литературы

1. Альгин, В.Б. Развитие высокомоментных отечественных и зарубежных ГМТ: патентный ландшафт, расчетный анализ, тенденции. Ч. 1. Анализ проблемы / В.Б. Альгин, Е.Н. Боковец, Е.В. Кузнецов // Механика машин, механизмов и материалов. — 2017. — № 1(38). — С. 5–20.
2. Высокомощные гидромеханические передачи: патентно-информационное и расчетное исследование. Ч. 2: Коробки передач с тремя степенями свободы / В.Б. Альгин, Е.Н. Боковец, Е.В. Кузнецов // Механика машин, механизмов и материалов. — 2015. — № 3(32). — С. 22–35.
3. Planetary gear change-speed transmission: pat. US 4395925: IPC F16H3/66 / Hermann Gaus. — Publ. date 02.08.1983.

KUZNETSOV Evgeni V.

Ph. D. Student¹

E-mail: evk92@mail.ru

ALGIN Vladimir B., D. Sc. in Eng., Prof.

Deputy Director General for Research¹

E-mail: vladimir.algin@gmail.com

¹Joint Institute of Mechanical Engineering of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

Received 19 March 2018.

ESTIMATION OF MULTISPEED HYDROMECHANICAL TRANSMISSIONS DEVELOPMENT TRENDS WITH THE USE OF PATENT LANDSCAPES AND COMPUTATIONAL ANALYSIS

This paper discusses the use of patent landscapes as a tool for collecting information and identifying development trends of multispeed hydromechanical transmissions and presents a method of collecting data for patent maps drafting. The main attention is paid to planetary gearboxes, which are widely used in high-power transmissions of tractors and dump trucks, as well as in modern passenger cars. Calculation analysis of the world's leading transmission manufacturers patent schemes is made.

Keywords: mine trucks and off-road vehicles, hydromechanical transmission, scheme, construction, gear ratios, patent landscape, calculation analysis, trends

References

1. Algin V.B., Bokovets E.N., Kuznetsov E.V. Razvitie vysokomoshchnykh otechestvennykh i zarubezhnykh GMT: patentnyy landshaft, raschetnyy analiz, tendentsii. Chast 1. Analiz problemy [Development of local and foreign high-power hydromechanical transmissions: patent landscape, analysis, trends. Part 1. Case analysis]. *Mekhanika mashin, mekhanizmov i materialov* [Mechanics of Machines, Mechanisms and Materials], 2017, no. 1(38), pp. 5-20.
2. Algin V.B., Bokovets E.N., Kuznetsov E.V. Vysokomoshchnye gidromekhanicheskie peredachi: patentno-informatsionnoe i raschetnoe issledovanie. Chast 2. Korobki peredach s tremya stepenyami svobody [High-power hydromechanical transmissions: patent-informational and computational investigation. Part 2. Gearboxes with three degrees of freedom]. *Mekhanika mashin, mekhanizmov i materialov* [Mechanics of Machines, Mechanisms and Materials], 2015, no. 4(33), pp. 22-35.
3. Gaus H. *Planetary gear change-speed transmission*. Patent USA, no. 4395925, 1983.
4. Gumpoltsberger G., Brehmer M., Ziemer P., Tiesler P., Diosi G., Haupt J. *Multi-speed transmission*. Patent USA, no. 8206257, 2012.
5. Wonmin Cho, Seong Wook Hwang, Wochurl Son, Hyun Sik Kwon, Jae Chang Kook, Seongwook Ji. *Planetary gear train of automatic transmission for vehicle*. Patent USA, no. 2017074367, 2017.
6. Baldwin R.A., Hodges P., Poenisch V. *Multiple speed overdrive transmission for a motor vehicle*. Patent USA, no. 6053839, 2014.
7. Gregory Daniel Goleski, Reid Alan Baldwin. *Multi-speed transmission*. Patent USA, no. 8545362, 2013.
8. Mueller J., Resch R., Leesch M. *Multi-speed transmission*. Patent USA, no. 2017067544, 2017.
9. New 10-speed is a delight in the 2017 F-150. Available at: <http://articles.sae.org/15216/> (accessed 26 February 2018).
10. Cawthorne W., Hubbard G. *Method of determining engine output power in a hybrid electric vehicle*. Patent USA, no. 2005256631, 2005.
11. Kreese J.P., Sheets A.T. *Method of optimizing vehicle performance based on countershaft acceleration*. Patent USA, no. 2015314786, 2015.
12. Belabenko D.S. Tipy ispolnitelnykh mekhanizmov sovremennykh gidromekhanicheskikh peredach otechestvennykh i zarubezhnykh proizvoditeley [Actuator types of modern hydromechanical transmissions of domestic and foreign manufacturers]. *Mekhanika mashin, mekhanizmov i materialov* [Mechanics of Machines, Mechanisms and Materials], 2016, no. 3(36), pp. 34-42.
13. Masakatsu Miura, Mashiko Ando. *Automatic transmission*. Patent USA, no. 4884472, 1989.
14. Mariko Shibamura, Soichi Sugino, Kohei Iizuka. *Automatic transmission*. Patent USA, no. 8992374, 2015.
15. Yutaka Ishikawa. *Automatic transmission and method for controlling the same*. Patent USA, no. 2014256508, 2014.
16. *Predstavlena 10-stupenchataya korobka peredach Honda s universalom Odyssey* [A new 10-speed Honda's gearbox is presented with Odyssey wagon]. Available at: http://avtozhiteli.ru/news/predstavlena_10-stupenchataya_korobka_peredach_honda_s_universalom_odyssey/ (accessed 26 February 2018).
17. Winzeler J. *Transmission assembly*. Patent USA, no. 2005137050, 2005.
18. Meyer K.G., Rice J.S., Hodges P.H., Carpenter L.W., Knox K.J. *Multi-speed transmission*. Patent USA, no. 20110124462, 2011.
19. Foster M., Schoolcraft B. *Multi-speed transmission*. Patent USA, no. 2016312858, 2016.
20. Whitmore W.A. *Multi-speed transmission for vehicle*. Patent USA, no. 402119, 2008.
21. Meyer K.G., Rice J.S. *Multi-speed transmission*. Patent USA, no. 9234568, 2016.
22. Muller J., Resch R., Leesch M. *Multi-speed transmission*. Patent USA, no. 2016116025, 2016.