



(51) МПК

F16H 3/64 (2006.01)F16H 15/56 (2006.01)F16H 3/78 (2006.01)F16H 13/08 (2006.01)F16H 25/06 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: не действует (последнее изменение статуса: 27.09.2013)  
Пошлина: учтена за 7 год с 20.09.2009 по 19.09.2010

(21)(22) Заявка: 2003128352/11, 19.09.2003(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
19.09.2003

(43) Дата публикации заявки: 27.03.2005 Бюл. № 9

(45) Опубликовано: 20.02.2006 Бюл. № 5(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: EP 0102136 A1, 07.03.1984. SU  
1015163 A, 30.04.1983. RU 2128304 C1,  
27.03.1999. US 6258005 B1, 10.07.2001.  
DE 4112330 A1, 30.07.1992.

Адрес для переписки:

634063, г.Томск, а/я 1989, В.В.  
Становскому

(72) Автор(ы):

Становский Виктор Владимирович (RU),  
Ремнева Татьяна Андреевна (RU),  
Казаквичус Сергей Матвеевич (RU),  
Петракович Антон Геннадьевич (RU),  
Махьянов Хамис Магсумович (RU),  
Дудка Эдуард Александрович (RU)

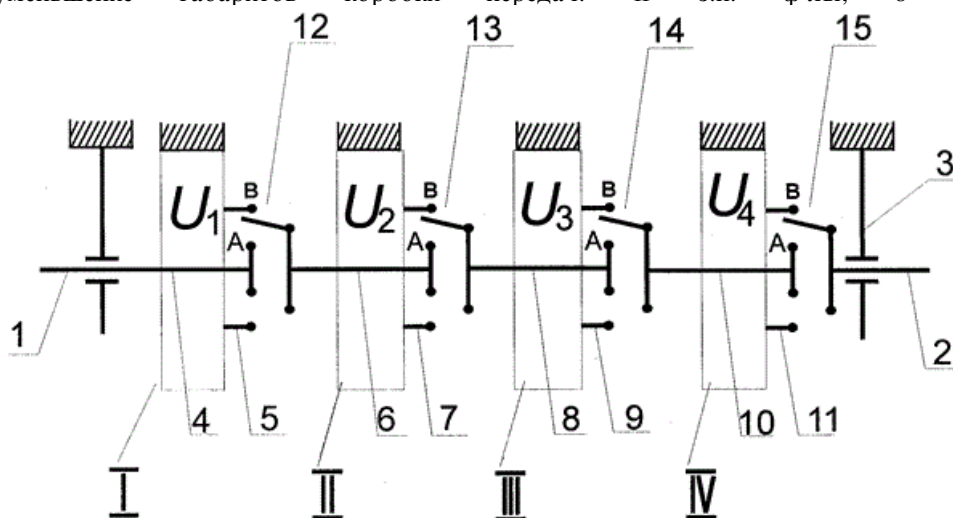
(73) Патентообладатель(и):

Закрытое акционерное общество  
"Томские трансмиссионные системы"  
(RU),  
Махьянов Хамис Магсумович (RU),  
Дудка Эдуард Александрович (RU)

## (54) КОРОБКА ПЕРЕДАЧ

(57) Реферат:

Изобретение относится к машиностроению, а именно к механизмам ступенчатого переключения скоростей, и может быть использовано в транспортном, сельскохозяйственном машиностроении, станкостроении и других отраслях. Коробка передач содержит установленные в корпусе 3 входной 1 и выходной 2 валы, передающие модули и управляемые элементы переключения передач. Каждый модуль I-IV выполнен со сквозным входным валом и коаксиальным ему выходным валом. Управляемые элементы переключения передач выполнены как переключатели и соединяют вход последующего модуля либо со сквозным входным валом, либо с выходным валом предыдущего модуля. Ведомый вал коробки передач соединен таким же переключателем либо со сквозным входным, либо с выходным валом последнего модуля. Технический результат - увеличение числа передач при одном и том же количестве передающих модулей и управляющих элементов, уменьшение габаритов коробки передач. 11 з.п. ф-лы, 8 ил.



Фиг.1

Изобретение относится к машиностроению, а именно к механизмам ступенчатого переключения скоростей, и может использоваться в транспортном, сельскохозяйственном машиностроении, в станкостроении и др. отраслях.

Обычно коробка передач состоит из простых зубчатых или планетарных передач, размещаемых в общем корпусе и снабженных управляемыми механизмами переключения (см. Дымшиц И.И. Коробки передач. Машгиз, 1960). Переключатели

обычно выполняются в виде скользящих зубчатых колес, муфт, муфт с синхронизаторами, либо в виде тормозов.

Известна коробка передач, содержащая корпус и установленные в нем три планетарных ряда, связанных друг с другом определенным образом, и в качестве управляемых механизмов переключения две фрикционные муфты и три тормоза (US 3067632). Связь звеньев планетарных рядов друг с другом предполагает сложную конструкцию соединений, что усложняет всю коробку передач.

В коробке передач (RU 2064872) изменена связь звеньев друг с другом, что упростило конструкцию. Та и другая передачи на трех планетарных механизмах с пятью элементами управления дают возможность получать шесть передач: четыре передачи переднего хода и две - заднего.

Для увеличения числа передач в коробке передач по патенту RU №2093734 используются пять планетарных рядов с семью элементами управления, что позволяет получить десять передач.

Планетарная коробка передач RU №2053137, содержащая пять простых зубчатых передач, один планетарный механизм и четыре переключающие муфты, позволяет получить шестнадцать передач.

Таким образом, увеличение числа передач в коробках требует значительного увеличения как числа передающих узлов, так и элементов управления, что усложняет коробку и увеличивает ее габариты. Кроме того, все коробки передач, реализованные на зубчатых колесах, громоздки, имеют большой вес и габариты.

Меньшими габаритами обладают коробки передач с планетарными шариковыми передающими узлами. Так, фрикционная коробка передач в патенте RU 2126304 содержит корпус, установленные в нем ведущий и ведомый валы и соединенные последовательно фрикционные планетарные шариковые ступени, являющиеся самостоятельными передающими модулями. Каждый модуль составлен из внутреннего и наружного колец и сепаратора с шариками между ними. Наружное кольцо каждого модуля соединено с корпусом коробки передач, внутреннее кольцо является входным, а сепаратор - выходным валом каждого модуля. Модули соединены друг с другом последовательно, то есть выход каждого предыдущего модуля соединен со входом последующего. Последний модуль выполнен реверсирующим, поэтому входным звеном является наружное кольцо, выходным - внутреннее, а сепаратор соединен с корпусом. Реверсирующий модуль служит для получения в коробке передач заднего хода. Ведущий вал коробки передач замыкается со входом первого модуля с помощью скользящей втулки. Ведомый вал коробки передач с помощью управляемого элемента переключения - второй скользящей втулки может соединяться с выходным валом любого модуля или с ведущим валом напрямую. Коробка передач обеспечивает кроме прямой передачи число скоростей, равное числу передающих модулей. Она имеет несколько основных недостатков, связанных с двумя обстоятельствами. Первая группа недостатков определяется планетарной фрикционной шариковой передачей, применяемой в коробке в качестве модуля. Как все фрикционные передачи, этот модуль имеет небольшой диапазон возможных передаточных отношений и невысокий передаваемый момент, ограничиваемый силами трения. Вторая группа недостатков обусловлена схемой соединения модулей в коробке передач, которая ограничивает число возможных передач. Максимальное число передач равно числу модулей.

Первого недостатка лишена коробка передач по патенту US №5016487, в которой модулем является шариковый планетарный передающий узел с периодическими дорожками качения. Изображенная на фиг.6 к описанию этого патента коробка передач выбрана нами в качестве прототипа. Она содержит корпус с установленными в нем ведущими и ведомыми валами и передающими модулями. Передающий модуль представляет собой ведущий и ведомый диски с замкнутыми периодически изогнутыми дорожками качения и промежуточное звено - сепаратор с радиальными прорезями. Сепараторы всех модулей соединены с корпусом. В прорезях сепаратора расположены шарики, взаимодействующие с дорожками качения ведущего и ведомого дисков. Таким образом, каждый модуль является передающим механизмом с входным и выходным звеньями. Ведущим валом коробки передач является входной вал первого передающего модуля. Модули соединены последовательно, т.е. входной вал последующего модуля соединен с выходом предыдущего через реверсирующий диск. Диск необходим в связи с тем, что модули меняют направления вращения. Последний модуль связан с предыдущим без реверсирующего диска и служит для получения заднего хода. Ведомый вал коробки передач с помощью управляемого переключателя соединяется поочередно с выходом каждого модуля. Переключатель выполнен в виде стержня с ребордами, проходящего сквозь полый ведомый вал. При осевом перемещении стержня реборды сдвигают шарики, находящиеся в прорезях ведомого вала, и они зацепляют полый ведомый вал с выходным звеном одного из модулей. Описанная схема соединения модулей в коробке передач полностью идентична с предыдущей, поэтому недостатки, обусловленные схемой, остаются прежними. А именно ограниченное число переключаемых передач, равное числу передающих модулей, ухудшает условия работы двигателя при изменяющейся внешней нагрузке, т.е. снижает коэффициент загрузки двигателя. Кроме того, конструкция управляемого

переключателя скоростей позволяет переключать скорости только в определенном порядке, и при необходимости переключения скоростей в другом порядке это можно будет сделать только путем последовательного переключения нескольких скоростей.

Задачей изобретения является создание простой, малогабаритной, высокоэффективной многоступенчатой коробки передач.

Технический результат, достигаемый настоящим изобретением, заключается в увеличении числа передач без увеличения числа передающих модулей и в обеспечении возможности переключения передач в любом порядке.

Поставленная задача решается следующим образом. Коробка передач, как и прототип, содержит расположенные в корпусе ведущий и ведомый валы, передающие модули и управляемые элементы переключения передач. Ведущий вал коробки передач соединен с входным валом первого модуля. В отличие от прототипа, каждый модуль выполнен со сквозным входным валом и коаксиальным ему выходным валом, а элементы управления выполнены как переключатели, соединяющие вход последующего модуля либо со сквозным входным валом, либо с выходным валом предыдущего модуля, и ведомый вал коробки передач соединен таким же переключателем либо со сквозным входным, либо с выходным валом последнего модуля.

Каждый передающий модуль (или любой из модулей) может быть выполнен в виде простой зубчатой передачи, на сквозном входном валу которой закреплено входное зубчатое колесо и свободно посажено выходное зубчатое колесо, связанное с выходным валом. С обоими колесами взаимодействует дополнительное двухвенцовое зубчатое колесо, свободно посаженное на дополнительной оси.

Коробка передач последнего варианта может быть легко модернизирована в коробку с дополнительными валами отбора мощности, которые необходимы в различных видах самоходной специализированной техники. Для этого двухвенцовое зубчатое колесо, по меньшей мере, одного модуля жестко посажено на дополнительный вал, являющийся валом отбора мощности. Если этот модуль крайний, то вывести дополнительный вал за пределы коробки достаточно просто. Если мощность отбирается от средних модулей, то соседние модули можно развернуть друг относительно друга вокруг общей оси, чтобы получить доступ к дополнительному валу для отбора мощности.

Лучшими удельно-весовыми и массогабаритными характеристиками обладает коробка передач, каждый передающий модуль которой выполнен в виде планетарной передачи с промежуточными телами качения.

Это может быть фрикционная планетарная шариковая передача, в которой момент передается за счет сил трения. Для расширения диапазона передаточных отношений и увеличения передаваемого момента планетарную передачу с промежуточными телами качения целесообразно выполнить на основе зацепления шариков с периодическими дорожками качения.

Вполне работоспособна коробка передач, в которой передающий модуль выполнен в виде планетарного зубчатого механизма. Здесь следует отметить, что, как и в других планетарных коробках передач, в этом случае появляется возможность дополнительного увеличения количества передач введением только дополнительных элементов управления. Это возможно в связи с тем, что любое из звеньев планетарного механизма: солнечное колесо, водило или эпицикл могут быть входным, выходным или корпусным звеном, а сам планетарный механизм имеет в зависимости от этого несколько передаточных отношений. Для реализации этих режимов нужно ввести управляемые тормоза и снабдить переключатели модуля дополнительными положениями переключения.

Наиболее простая конструкция управляемых переключателей представляет собой скользящие вдоль оси передачи втулки с внутренними и/или наружными шлицами, находящимися в зацеплении со шлицами на входном валу последующего модуля, и имеющими возможность зацепления с ответными шлицами либо на сквозном входном валу, либо на выходном валу предыдущего модуля.

Для получения заднего хода один из модулей выполнен с дополнительным реверсирующим выходом, а соответствующий переключатель выполнен с дополнительной позицией переключения.

В случае модуля на основе простой зубчатой передачи реверсирующий выход можно получить введением дополнительного колеса внутреннего зацепления, свободно посаженного в корпусе и зацепляющегося с любым из венцов двухвенцового колеса. Переключатель на входе последующего модуля в этом случае имеет еще одну позицию переключения для связи с этим дополнительным колесом.

Если за основу брать планетарный зубчатый модуль, то реверсирующий выход может быть получен переключением входа с солнечного колеса на водило, соответственно выходным звеном станет солнечное колесо. Дополнительную позицию переключения должен в этом случае иметь переключатель на входе реверсирующего модуля.

Изобретение иллюстрируется графическими материалами, где на фиг.1 приведена принципиальная схема коробки передач, на фиг.2 схематически представлено осевое сечение коробки передач с модулем в виде простой зубчатой передачи, а на фиг.3 - зубчатой коробки передач с дополнительными валами отбора мощности. На фиг.4

представлена схема коробки передач с задним ходом, в которой первый-третий модули выполнены в виде простой зубчатой передачи, а четвертый модуль - планетарная зубчатая передача. На фиг.5 схематически изображено осевое сечение коробки передач с увеличенным числом ступеней за счет использования планетарных зубчатых модулей и переключателей с дополнительными позициями. На фиг.6 в увеличенном виде показана конструкция переключателя в виде муфты, используемого в коробке скоростей на фиг.5. На фиг.7 показано осевое сечение одной из модификаций коробки передач на основе шарикового модуля с периодическими дорожками качения, а на фиг.8 - на основе фрикционной шариковой планетарной передачи.

Коробка скоростей построена на основе передающих модулей I, II, III, IV, число которых выбирается исходя из требований количества переключаемых передач в коробке. На фиг.1 показана 16-ступенчатая коробка, реализуемая на 4 модулях. Ведущий вал 1 коробки передач и ведомый вал 2 установлены в корпусе 3 на подшипниках. Каждый модуль, независимо от его внутреннего построения, для внешних цепей выступает как передающий узел со сквозным входным валом 4 и коаксиальным ему выходным валом 5. Цифрами 6 и 7, 8 и 9, 10 и 11 обозначены входные и выходные валы соответственно модулей II, III, IV. Ведущий вал 1 коробки передач соединен с входом 4 первого модуля.

Вход каждого последующего модуля связан с управляемым переключателем. Управляемые переключатели 12, 13 и 14 имеют два положения включения: либо со сквозным входным валом, либо с выходным валом предыдущего модуля. Т.е. входной вал 6 второго модуля переключателем 12 может соединяться либо со сквозным входным валом 4, либо с выходным валом 5 первого модуля. Входной вал 8 третьего модуля переключателем 13 может быть связан с валами 6 или 7 второго модуля и т.д. Ведомый вал 2 коробки скоростей таким же переключателем 15 связан либо со сквозным входным валом 10, либо с выходным валом 11 последнего модуля.

Модули коробки передач на фиг.2 выполнены в виде простых зубчатых передач. Каждый модуль здесь имеет отдельные корпуса 16, 17, 18 и 19, связанные с общим корпусом 3 коробки скоростей (корпус 3 показан условно). Ведущим валом коробки передач является сквозной входной вал 4 первого модуля, установленный в корпусе 16 на подшипниках 20. На соответствующих подшипниках установлены сквозные входные валы 6, 8 и 10 последующих модулей в корпусах 17, 18 и 19. Ведомый вал 2 коробки передач установлен в корпусе 3 на подшипниках 21. На сквозных входных валах 4, 6, 8 и 10 каждого модуля закреплены входные зубчатые колеса 22, 23, 24 и 25 соответственно. На этих же валах с помощью подшипников 26, 27, 28 и 29 свободно посажены выходные зубчатые колеса 30, 31, 32 и 33, жестко связанные с выходными валами 5, 7, 9 и 11. Выходные валы 5, 7, 9 и 11 коаксиальны сквозным входным валам 4, 6, 8, 10 и охватывают их снаружи. На дополнительных осях 34, 35, 36 и 37, установленных в корпусах 16, 17, 18, 19, на подшипниках 38, 39, 40 и 41 посажены двухвенцовые зубчатые колеса с венцами 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48 и 49. Венцы 42 и 43 первого зубчатого колеса зацепляются со входным 22 и выходным 30 колесами первого модуля. Аналогично, венцы 44, 45 находятся в зацеплении со входным 23 и выходным 31 зубчатыми колесами второго модуля и т.д. Выходные валы 5, 7, 9 и 11 каждого модуля посажены в корпусах 16, 17, 18 и 19 на подшипниках 50. Для осевого центрирования входных валов 4, 6, 8 и 10 всех модулей друг относительно друга на входе каждый входной вал выполнен в виде стакана 51, 52, 53, в отверстиях которого на подшипниках 54 посажены концы сквозных входных валов предыдущих модулей. Каждый из переключателей 12, 13, 14 и 15 представляет собой скользящую втулку 55, охватывающую противолежащие концы соединяемых валов. Внутренняя поверхность втулки выполнена со шлицами на концах. Шлицы на одном конце втулки (на фигурах это правая часть втулки) находятся в постоянном зацеплении с ответными шлицами на входном валу последующего модуля. Шлицы на другом конце втулки могут зацепляться с ответными шлицами либо на выходных валах, либо на дисках 56, закрепленных на сквозных входных валах каждого модуля. Втулка 55 последнего модуля соединяет ведомый вал 2 коробки передач со сквозным входным валом 10 последнего модуля или с его выходным валом 11. На верхней части рисунка втулка 55 показана в положении, соединяющем модули последовательно, а на нижней части рисунка втулки соединяют последовательно входные валы всех модулей, т.е. дают прямую передачу.

Коробка передач с дополнительными валами отбора мощности на фиг.3 конструктивно оформлена в общем корпусе 3 (показаны только его опорные элементы). В отличие от предыдущей модификации коробки передач, зубчатые венцы 42-43, 44-45, 46-47, 48-49 неподвижно посажены на дополнительные валы 57, установленные в элементах корпуса 3 на подшипниках 58. Каждый из дополнительных валов 57 может служить валом отбора мощности. Число модулей с дополнительными валами определяется требуемым числом дополнительных валов отбора мощности. Такие механизмы необходимы в устройствах, где от одного привода работает несколько исполнительных механизмов с разными скоростями движения. Для того, чтобы можно было получить доступ к валам 57 для отбора с них мощности, соседние модули необходимо повернуть друг относительно друга вокруг общей оси.

В коробке передач на схеме на фиг.4 первый модуль полностью аналогичен простому зубчатому модулю на фиг.2. Сквозной вал 4 первого модуля проходит сквозь всю коробку для осевого базирования на нем входных валов всех модулей. Второй модуль выполнен также в виде простой зубчатой передачи с входным колесом 23, выходным - 31 и двумя диаметрально противоположными двухвенцовыми колесами 59 с одинаковыми венцами 44 и 44', 45 и 45'. Модуль снабжен дополнительным колесом 60 внутреннего зацепления, свободно посаженным в корпусе 3 на подшипнике 61. Колесо 60 связано с дополнительным выходным валом 62, являющимся реверсирующим выходом второго модуля. Вал 62 имеет элементы для соединения с переключателем 13, т.е. у переключателя 13 появляется дополнительная позиция С его переключения. Четвертый модуль выполнен в виде планетарной передачи со входным солнечным колесом 63, выходным водилом 64, неподвижным эпициклом 65 и сателлитами 66.

В коробке на фиг.5 два первых модуля - простые зубчатые передачи, а два последних модуля - планетарные механизмы. Сквозной входной вал первого модуля для осевого базирования последующих модулей проходит сквозь всю коробку передач, и его конец установлен в подшипнике 67 в торце ведомого вала 2 коробки передач. Сквозные входные валы 6, 8 и 10 остальных модулей выполнены полыми и на подшипниках 68, 69 и 70 посажены на валу 4. Входным элементом третьего модуля является солнечное колесо 71 планетарной передачи, закрепленное на входном валу 8. Эпицикл 72 неподвижно закреплен в корпусе, а водило 73 с сателлитами 74 является выходным звеном третьего модуля. Соответственно четвертый модуль имеет солнечное колесо 75, водило 76 с сателлитами 77, зацепляющимися с неподвижным эпициклом 78. Водило 76 последнего модуля может использоваться как его входной или как выходной элемент. Для этого переключатель 14, выполненный в виде втулки 79 (см. фиг.6), имеет шлицы 80 и 81 на внутренней, 82, 82а и 83 на внешней боковой поверхности. При перемещении втулки 79 вдоль оси шлицами 80 и 81 она соединяет сквозной входной вал 8 третьего модуля со входным валом 10 четвертого модуля. Шлицами 82а и 81 выход третьего модуля соединяется с входным валом 10 и солнечным колесом 75 четвертого модуля. В этом положении входным элементом четвертого модуля является его солнечное колесо 75. Шлицами 82а и 82 втулка 79 соединяет выходное водило третьего модуля с водилом 76 четвертого модуля, делая его входом. Шлицами 80 и 83 сквозной входной вал 8 третьего модуля соединяется с водилом 76.

Втулка 84 переключателя 15 своими шлицами соединяет ведомый вал 2 коробки передач со входом 10 или выходным водилом 76 последнего модуля. Таким образом, водило 76 последнего модуля может работать либо как входной элемент, и тогда выходным элементом четвертого планетарного модуля будет служить солнечное колесо 75, либо как выходной элемент планетарной передачи со входным солнечным колесом 75.

Значительно снижены габариты в коробке передач на основе шариковых модулей. Существует огромное число конкретных конструкций таких передающих модулей, поэтому для примера рассмотрим два из них, изображенных на фиг.7 и 8. При этом изобретение никоим образом не ограничивается приведенными в заявке конкретными конструкциями. Ведущий вал 1 коробки передач на фиг.7 соединен со сквозным входным валом 4 первого модуля, который проходит сквозь всю коробку скоростей и своим концом базируется в отверстии на торце ведомого вала 2 с помощью подшипников 67. Входные валы 6, 8 и 10 следующих модулей выполнены полыми, так же как и в коробке на фиг.5, и посажены на вал 4 с помощью подшипников 68, 69, 70. Каждый модуль представляет собой три последовательно расположенных диска 85, 86, 87. Входным звеном каждого модуля является эксцентрик 88 на сквозном входном валу 4, 6, 8 или 10. На эксцентрик 88 на подшипниках 89 посажен средний диск модуля 86, являющийся плавающей шайбой. Два других диска 85 и 87 на обращенных друг к другу поверхностях имеют периодические дорожки качения 90 и 91, взаимодействующие с цепочкой шариков 92. Число периодов дорожек качения и число шариков отличаются друг от друга. Обе дорожки качения могут быть замкнутыми, или одна из них представляет собой радиальные канавки. Шарик 92 контактирует одновременно с периодическими дорожками 90 и 91 и с боковой поверхностью плавающей шайбы 86. Диск 85 каждого модуля неподвижен и закреплен в корпусе 3, а диск 87 посажен в корпусе с помощью подшипников 93 и является выходным звеном. Входной вал каждого последующего модуля соединен с переключателем в виде муфты 94 со шлицами на наружной и внутренней поверхностях. Шлицы на внутренней поверхности соединяют входные валы модулей, а шлицы на внешней поверхности муфты 94 соединяют выход предыдущего модуля со входом последующего. Ведомый вал 2 коробки установлен в корпусе на подшипниках 21 и также соединен с переключающей муфтой 94. Все модули имеют разное передаточное отношение и увеличивающиеся к выходному валу 2 размеры. Увеличение размеров определяется увеличением передаваемого от модуля к модулю момента. Величина передаточного отношения каждого модуля определяется требуемым диапазоном и шагом переключения скоростей в коробке.

Аналогично устроена коробка передач с шариковым фрикционным планетарным передающим модулем на фиг.8. Каждый модуль состоит из входного диска 95 на

сквозном входном валу 4, 6, 8, или 10, центрального колеса 96, связанного с общим корпусом 3 коробки передач, водила 97, в прорезях которого расположены шарики 98. Водило каждого модуля связано с выходным валом 5, 7, 9 или 11, соответственно. Остальные обозначения на фиг.8 соответствуют обозначениям предыдущих фигур, и функции деталей, имеющих одинаковые обозначения, одинаковы.

Рассмотрим сначала работу коробки передач в общем виде, не вдаваясь в детали работы передающих модулей, т.к. принцип действия коробки определяется только принципиальной схемой и не зависит от конструкции модулей. Пусть каждый из модулей имеет передаточное отношение  $u_1, u_2, u_3, \dots, u_n$ . Кроме того, благодаря тому что входной вал каждого модуля выполнен сквозным, то на выходе модуля мы имеем два вала: валы 4, 6, 8, и 10 с передаточным отношением, равным 1, и валы 5, 7, 9, 11 с передаточным отношением  $u_1, u_2, u_3, \dots, u_n$ . Если все переключатели находятся в положении А, то на ведомом валу 2 коробки передач мы имеем прямую передачу. Если теперь переключатель 13 перевести в положение В, то передаточное отношение коробки передач будет  $u_k = u_2$ . Перевод переключателя 14 в положение В даст передачу  $u_k = u_2 \cdot u_3$  и т.д. Пусть теперь переключатель 12 находится в положении В, а все остальные переключатели - в положении А. Модуль I будет работать с передаточным отношением  $u_1$ , а все остальные модули - с передаточным отношением, равным 1. Общее передаточное отношение коробки передач будет  $u_k = u_1$ . При переключении переключателя 13 в положение В передаточное отношение изменится как  $u_k = u_1 \cdot u_2$ . Переключение переключателя 14 в положение В даст передаточное отношение  $u_k = u_1 \cdot u_2 \cdot u_3$ . Таким образом, комбинация двух положений четырех переключателей дает 16 возможных скоростей для указанной коробки передач. Такого количества передач на 4 передающих модулях с четырьмя элементами управления не дает ни одна из известных нам схем коробок передач.

Рассмотрим более подробно работу коробки передач с модулем на основе простой зубчатой передачи и работу коробки с дополнительными валами отбора мощности, изображенных на фиг.2 и 3. При вращении ведущего вала 1 коробки передач вращается зубчатое колесо 22 первого модуля. В зацеплении с ним находится венец 42 зубчатого колеса, свободно посаженного на дополнительной оси 34. Вращение двухвенцового зубчатого колеса передается выходному зубчатому колесу 30, которое вращается со скоростью, определяемой соотношением чисел зубьев колес 22 и 42, 43 и 30. Если переключающая муфта 55 первого переключателя находится в крайнем левом положении, то на вход второго модуля передается вращение выходного вала 5, т.е. с передаточным отношением  $u_1$ . Если при этом все остальные муфты 55 находятся в крайнем правом положении, то ведомый вал 2 коробки будет вращаться с этим же передаточным отношением. При переводе муфты 55 первого переключателя в правое положение скорость на ведомом валу 2 будет равна скорости на входе коробки, т.е. передаточное отношение равно 1. Комбинация двух положений всех четырех муфт даст, как это было описано выше, 16 скоростей на выходе. В предлагаемой схеме коробки следует отметить щадящий режим работы переключающей муфты 55. Действительно, первоначально при подключении коробки передач к двигателю переключающие муфты 55 всех понижающих модулей находятся в левом положении. При переключении следующей скорости муфта 55 отключается от выходного вала какого-либо модуля и соединяется с его входным валом. В случае небольшого передаточного отношения модуля (а для коробки передач транспортного средства это условие соблюдается) выходная скорость модуля незначительно отличается от входной, и муфта соединяет две вращающиеся детали с небольшой разницей в скорости. В коробке отсутствуют режимы переключения, когда неподвижное звено соединяется со звеном, вращающимся с высокой скоростью, поэтому в коробках передач с небольшой разницей передаточных отношений модулей нет необходимости в синхронизаторах. Этот факт еще более упрощает конструкцию коробки.

Работа коробки передач на фиг.3 отличается от коробки на фиг.2 только тем, что двухвенцовое зубчатое колесо каждого модуля вращается вместе с дополнительным валом 57. Передаточное отношение на дополнительном валу 57 первого модуля равно  $Z_{42}/Z_{22}$ , где  $Z$  - число зубьев колеса 22 и венца 42 двухвенцового зубчатого колеса. На дополнительном валу отбора мощности 57 второго модуля будет две передачи в зависимости от положения переключателя 12. В крайнем правом положении переключающей муфты 55 передаточное отношение определяется только зубчатыми колесами 44 и 23 (на вход второго модуля подается вращение от сквозного входного вала первого модуля) и составит  $Z_{44}/Z_{23}$ , а в левом положении муфты передаточное отношение равно  $Z_{42}/Z_{22} \cdot Z_{44}/Z_{23}$ . Соответственно, на дополнительном валу 57 третьего модуля в зависимости от положения переключателей 12 и 13 будут существовать четыре передачи и т.д.

Основное отличие коробки на фиг.4 состоит в том, что здесь второй модуль на основе простой зубчатой передачи снабжен дополнительным колесом 60 внутреннего зацепления, которое вращается в сторону, противоположную входному валу 6. Переключатель 13 имеет еще одну позицию переключения - положение С. Когда этот переключатель находится в положениях А или В, коробка работает точно

так же, как и коробка на фиг.2. Переключение переключателя 13 в положение С дает еще 8 скоростей заднего хода.

Коробка передач на фиг.5 за счет использования в последнем модуле в качестве входа либо водила, либо солнечного колеса имеет 24 передачи.

Для описания работы коробки передач на фиг.7 положим, что первый модуль имеет передаточное отношение  $U_1$  меньше 1, т.е. является мультипликатором, а все остальные модули - понижающие, с  $U_n > 1$ . Тогда при начале движения все муфты 94, кроме первой, должны находиться в крайнем правом положении. Первая муфта 94 соединяет входной вал 4 первого модуля со входом второго, т.е. повышающий скорость вращения модуль отключен. Работу передающего шарикового модуля рассмотрим на примере второго модуля. При вращении его входного вала 6 эксцентрик 88 вовлекает плавающую шайбу 86 в планетарное плоскопараллельное движение. Шайба 86 своей боковой поверхностью воздействует на шарики 92, которые начинают обкатываться по периодической дорожке 90 неподвижного диска 85. Число периодов дорожки 90 отличается от числа периодов дорожки 91 на диске 87 ( $Z_{90} \neq Z_{91}$ ). Поскольку шарики одновременно обкатывают и периодическую дорожку 91, то за один полный оборот эксцентрикового вала 6 они поворачивают диск 91 на угол, равный разнице угловых шагов дорожек 90 и 91. Таким образом, выходной диск каждого модуля вращается относительно входного диска с передаточным отношением, определяемым числами периодов соответствующих дорожек качения. На выходе коробки будет в этом случае первая передача с отношением  $u_k = u_2 \cdot u_3 \cdot u_4$ . Перевод одной из муфт 94 в крайнее левое положение включит следующую передачу. Когда все муфты 94 будут в левом положении, получим прямую передачу. При необходимости дальнейшего увеличения скорости вращения необходимо перевести в правое положение первую муфту 94, т.е. включить в работу первый модуль-мультипликатор.

В коробке передач на основе шарикового фрикционного модуля, изображенной на фиг.8, при вращении входного вала модуля под действие сил трения шарики 98 начинают катиться по внутренней поверхности неподвижного центрального колеса 96. При этом они вовлекают во вращение водило 97, в прорезях которого шарики находятся. Скорость вращения водила зависит от соотношения эффективных радиусов качения шарика 98 относительно поверхностей дисков 95 и 96.

Выбор конкретных передающих модулей зависит от требуемых параметров коробки передач, таких как габариты, отработанность технологии изготовления, срок службы модуля и т.п. Т.е. конкретный вид модуля имеет свою область применения и придает коробке передач присущие ему достоинства и недостатки. Так, например, фрикционный шариковый модуль при простоте конструкции, низкой стоимости изготовления, малых габаритах имеет малый диапазон передаточных отношений и невысокий срок службы, ограничиваемый тем, что даже при небольшом износе дорожек качения появляются проскальзывания шариков. Применение специальных устройств поджатия шариков к дорожкам качения сразу резко усложняет устройство. Простая зубчатая передача при дешевизне и отработанности технологии изготовления обладает значительными габаритами и массой. Наиболее перспективны в коробке передач шариковые передающие узлы с периодическими дорожками качения, например, такие, как описаны в наших патентах RU 2179272, RU 2198330 и заявках WO 03/042579, 03/008841.

Таким образом, предлагаемая коробка позволяет реализовать на  $n$  модулях и  $n$  переключателях  $2^n$  скоростей, что недостижимо в аналогах и прототипе. Изобретение позволяет создать простую коробку передач с дополнительными валами отбора мощности, которая особенно необходима в различных специализированных машинах, например в дорожных, сельскохозяйственных, снегоуборочных и т.п.

#### Формула изобретения

1. Коробка передач, содержащая установленные в корпусе ведущий и ведомый валы, передающие модули и управляемые элементы переключения передач, ведущий вал коробки передач соединен со входным звеном первого модуля, отличающаяся тем, что каждый модуль выполнен со сквозным входным валом и коаксиальным ему выходным валом, а управляемые элементы переключения передач выполнены как переключатели, соединяющие вход последующего модуля либо со сквозным входным валом, либо с выходным валом предыдущего модуля и ведомый вал коробки передач соединен таким же переключателем либо со сквозным входным, либо с выходным валом последнего модуля.

2. Коробка передач по п.1, отличающаяся тем, что по меньшей мере один из передающих модулей выполнен в виде простой зубчатой передачи, на сквозном входном валу которой закреплено входное зубчатое колесо и свободно посажено выходное зубчатое колесо, связанное с выходным валом, с обоими колесами взаимодействует дополнительное двухвенцовое зубчатое колесо, свободно посаженное на закрепленной в корпусе дополнительной оси.

3. Коробка передач по п.1 отличающаяся тем, что по меньшей мере один передающий модуль выполнен в виде простой зубчатой передачи, на сквозном



входном валу которой закреплено входное зубчатое колесо и свободно посажено выходное зубчатое колесо, связанное с выходным валом, с обоими колесами взаимодействует дополнительное двухвенцовое зубчатое колесо, жестко посаженное на дополнительном валу отбора мощности.

4. Коробка передач по п.3, отличающаяся тем, что модули с дополнительными валами повернуты относительно друг друга вокруг общей оси на угол, обеспечивающий доступ к дополнительному валу для отбора мощности.

5. Коробка передач по п.1, отличающаяся тем, что передающий модуль выполнен в виде планетарной передачи с промежуточными телами качения.

6. Коробка передач по п.5, отличающаяся тем, что планетарная передача с промежуточными телами качения выполнена на основе шарикового зацепления с периодическими дорожками качения.

7. Коробка передач по п.5, отличающаяся тем, что планетарная передача с промежуточными телами качения выполнена в виде фрикционной передачи.

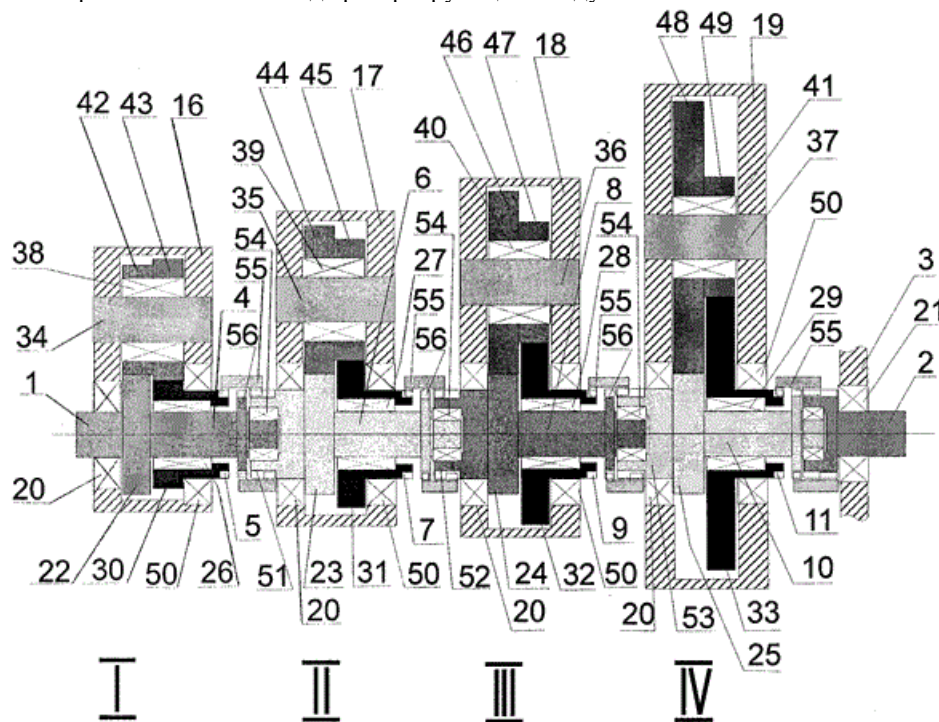
8. Коробка передач по п.1, отличающаяся тем, что по меньшей мере один из передающих модулей выполнен в виде планетарного зубчатого механизма.

9. Коробка передач по любому из пп.1-8, отличающаяся тем, что переключатели выполнены в виде скользящих вдоль оси передачи втулок со шлицами на ее внутренней и/или внешней поверхности, зацепляющихся с ответными шлицами на соединяемых звеньях.

10. Коробка передач по любому из пп.1-8, отличающаяся тем, что один из модулей снабжен дополнительным реверсирующим выходом, а соответствующий переключатель выполнен с дополнительной позицией переключения.

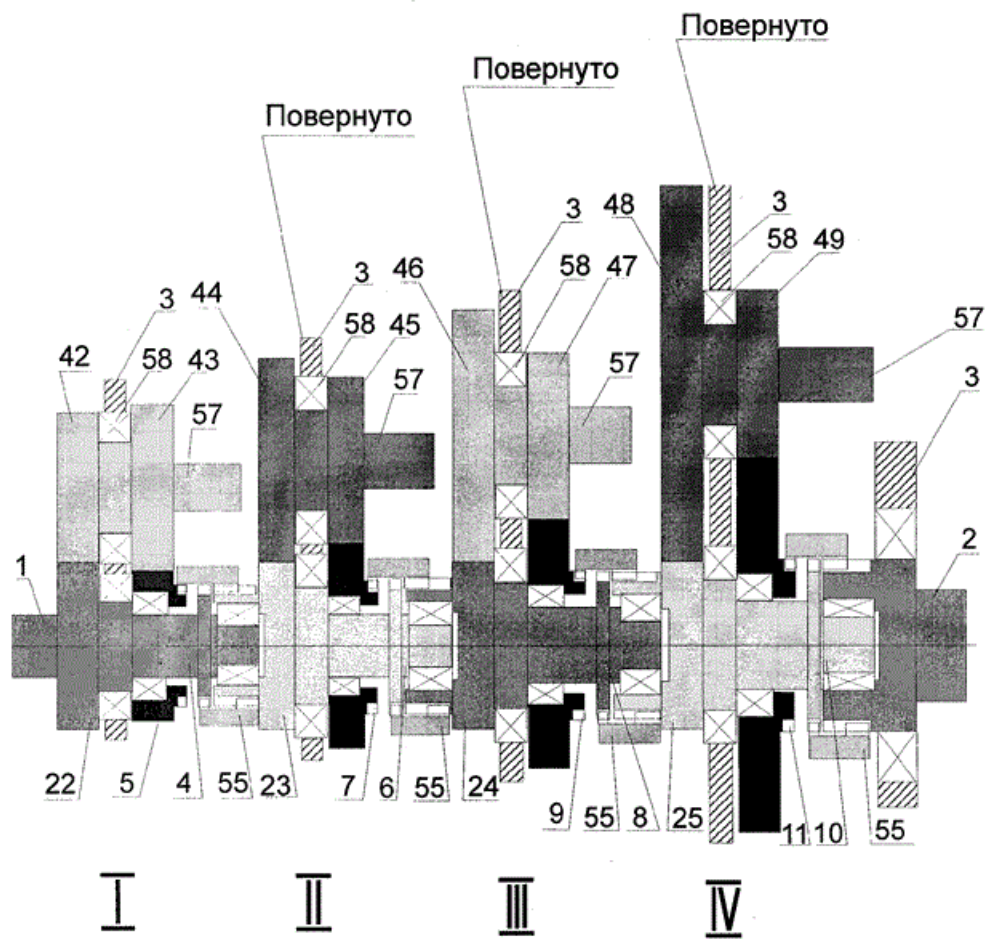
11. Коробка передач по п.10, отличающаяся тем, что в реверсирующем модуле на основе простой зубчатой передачи дополнительно введено колесо внутреннего зацепления, свободно посаженное в корпусе и зацепляющееся с любым из венцов двухвенцового колеса, а с дополнительной позицией переключения для связи с этим колесом выполнен переключатель на входе последующего модуля.

12. Коробка передач по п.10, отличающаяся тем, что в реверсирующем модуле на основе планетарной зубчатой передачи дополнительную позицию переключения имеет переключатель на входе реверсирующего модуля.

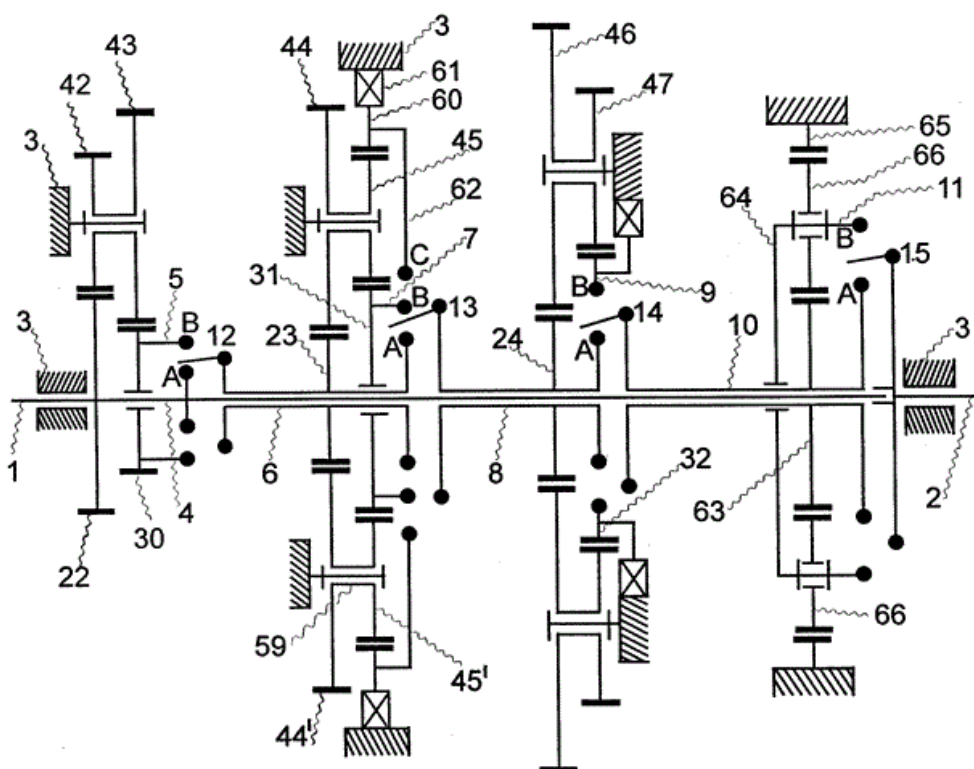


Фиг.2

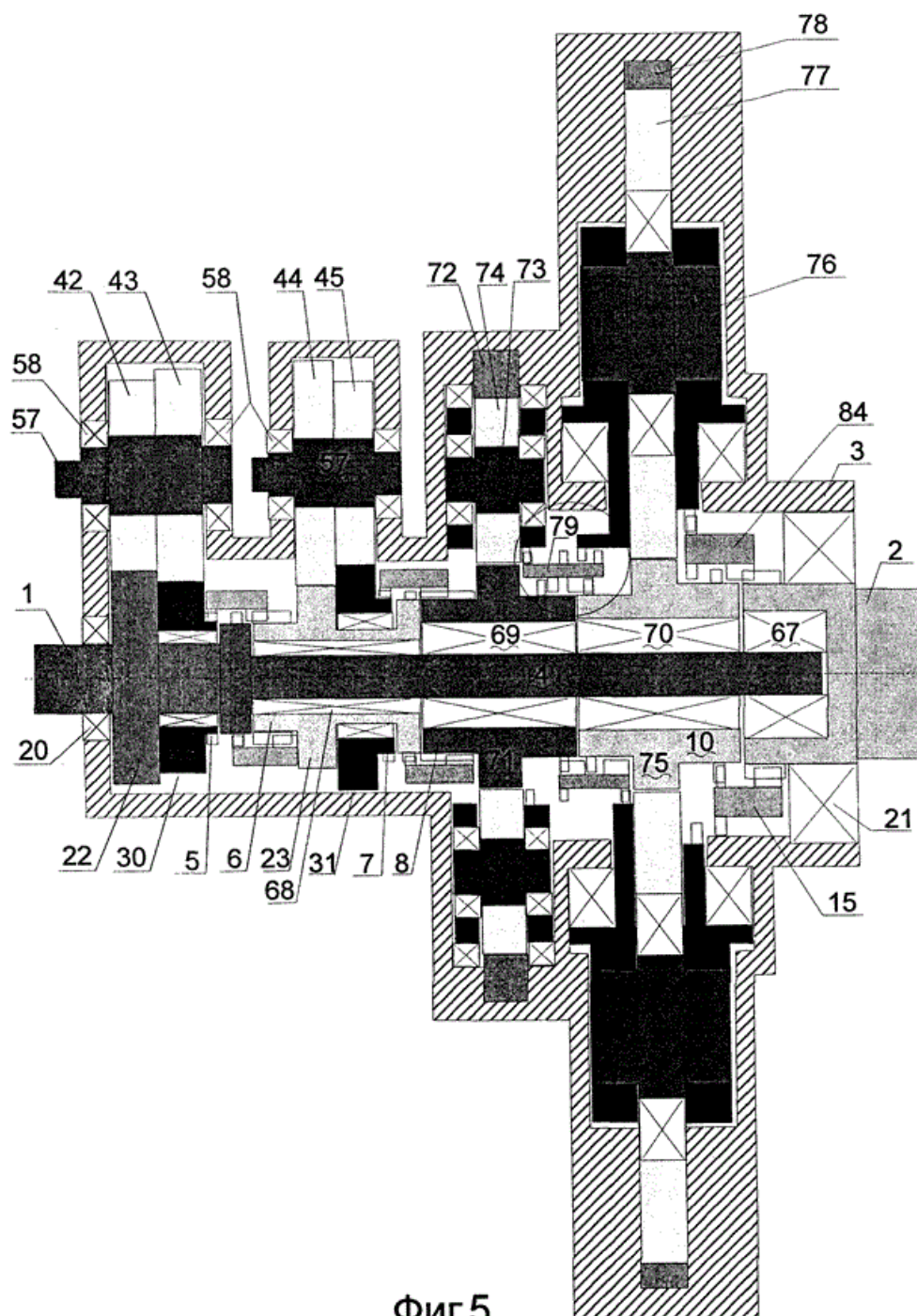




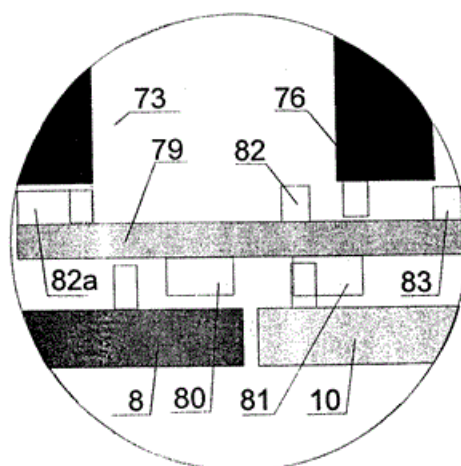
Фиг.3



Фиг.4



Фиг.5



Фиг.6





---

**ММ4А - Досрочное прекращение действия патента СССР или патента Российской Федерации на изобретение из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе**

(21) Регистрационный номер заявки: [2003128352](#)

Дата прекращения действия патента: 20.09.2008

Извещение опубликовано: [10.07.2009](#)      БИ: 19/2009

---

**НФ4А - Восстановление действия патента СССР или патента Российской Федерации на изобретение**

(21) Регистрационный номер заявки: [2003128352](#)

Дата, с которой действие патента восстановлено: 10.11.2009

Извещение опубликовано: [10.11.2009](#)      БИ: 31/2009

---

**ММ4А Досрочное прекращение действия патента из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе**

Дата прекращения действия патента: 20.09.2010

Дата публикации: [20.04.2012](#)