

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **033682**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2019.11.15

(51) Int. Cl. **F16H 3/62 (2006.01)**
F16H 37/00 (2006.01)

(21) Номер заявки
201700344

(22) Дата подачи заявки
2017.06.14

(54) **ОСНОВНАЯ КОРОБКА ПЛАНЕТАРНОЙ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ, ПЛАНЕТАРНАЯ
КОРОБКА ПЕРЕДАЧ И СПОСОБ ЕЕ ПОЛУЧЕНИЯ**

(43) **2018.12.28**

(56) RU-U1-156703
RU-C2-2608896
SU-A1-1810673
US-B2-8083631

(96) **2017/EA/0047 (BY) 2017.06.14**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ "ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ
НАУК БЕЛАРУСИ" (BY)**

(72) Изобретатель:
**Альгин Владимир Борисович,
Поддубко Сергей Николаевич (BY)**

(57) Изобретение относится к планетарным коробкам передач, состоящим из двух модулей: основной коробки и диапазонного редуктора. Основная коробка содержит базовую коробку, включающую три планетарных ряда и три тормоза, которая имеет три понижающих передачи. К базовой коробке присоединен четвертый планетарный ряд с тормозом и/или муфты. С использованием базовой коробки и четвертого планетарного ряда образуется дополнительная понижающая, повышающая или реверсивная передача, а посредством муфты прямая передача в основной коробке. Диапазонный редуктор служит для получения передачи переднего хода и реверсивной и/или прямой передачи. Планетарная коробка передач обеспечивает от четырех до десяти передач переднего хода и от двух до пяти заднего. Предлагаемым способом исходя из заданных передаточных чисел определяют структуру модулей, тип четвертого планетарного ряда и связи его звеньев с базовой коробкой, передаточные отношения планетарных рядов, затем проводят их унификацию, выбирают схему расположения планетарных рядов основной коробки и дополнительного редуктора, а также этих модулей в планетарной коробке передач, устанавливают муфты.

B1

033682

033682

B1

Изобретение относится к планетарным коробкам передач и может быть использовано при получении планетарных коробок передач для строительно-дорожных, карьерных и транспортных средств.

Производители промышленных тракторов, большегрузной карьерной и внедорожной транспортной техники (например, Катерпиллер, Комацу, БелАЗ и др.) сталкиваются с проблемой получения коробок передач, отличающихся числом передач (ступеней) и рядами передаточных чисел, для машин различного назначения. В составе промышленных тракторов используются реверсивные коробки передач, например (3+3), где первая позиция соответствует числу передач переднего хода, а вторая - заднего. Большегрузные карьерные самосвалы и внедорожные транспортные средства используют многоступенчатые коробки передач с числом передач (ступеней) переднего хода 6-8 и выше; число передач заднего хода - по меньшей мере одна [1]. Внедорожные транспортные средства используют, кроме того, полный привод, в составе их трансмиссий необходим узел, распределяющий поток мощности к передним и задним ведущим колесам, ведущий элемент которого во многих случаях присоединяют к выходному валу коробки передач.

В составе высокомоментной машины, работающей в тяжелых условиях и режимах, используют гидромеханическую трансмиссию с планетарной коробкой передач. Планетарная коробка передач состоит из планетарных рядов и элементов управления. Планетарный ряд состоит из трех основных звеньев - первого центрального колеса, второго центрального колеса и водила.

Известна планетарная коробка передач [2], которая имеет девять передач переднего хода и три передачи заднего хода. При этом две передачи переднего хода повышающие. Подобные коробки передач, выполненные по схеме образования передаточных чисел $(3) \times (3+1)$, где (3) - число передач в основной коробке, (3+1) - число передач переднего хода плюс число передач заднего хода в дополнительном редукторе, имеют общий недостаток: последовательность их переключения передач содержит по меньшей мере в двух случаях режимы, на которых выключаются и включаются по два элемента управления. Это усложняет процесс управления. Кроме того, коробка передач имеет очень высокие скорости вращения сателлитов первых трех планетарных рядов на третьей, шестой, девятой передачах, на которых используется повышающая передача в основной коробке, имеющая передаточное число 0,551. Также очень высока нагруженность планетарного ряда и тормоза диапазонного редуктора, которые работают на первой передаче. Планетарный ряд дополнительного редуктора имеет очень высокое по абсолютной величине передаточное отношение (4,091), которое находится на границе допустимых рациональных значений. Такое решение вынуждено, поскольку передаточное число первой передачи образуется за счет использования только одного этого планетарного ряда.

Во многом указанные недостатки являются следствием принятой схемы образования передаточных чисел коробки передач $(3) \times (3+1)$; они также обусловлены тем, что основная коробка имеет три передачи, из которых одна прямая, а две повышающие. В целом это приводит к низкой надежности коробки передач.

Наиболее близкой к предлагаемому решению является коробка передач [3], содержащая последовательно установленные редуктор-реверс для обеспечения прямого или обратного направления движения, основную коробку для обеспечения четырех передач, а также дополнительный редуктор для увеличения значений передаточных чисел основной коробки, основная коробка имеет центральный вал, соосный с ее входным валом, а также первый, второй, третий и четвертый планетарные ряды, каждый из которых имеет первое центральное колесо, водило и второе центральное колесо, тормоза для выборочной остановки вторых центральных колес, водило двух планетарных рядов соединены между собой и с входным валом основной коробки, второе центральное колесо второго планетарного ряда соединено с водилом третьего планетарного ряда, второе центральное колесо которого соединено с водилом четвертого планетарного ряда, первые центральные колеса всех планетарных рядов соединены между собой и с выходным валом основной коробки, который соединен с входным валом диапазонного редуктора, содержащим планетарный ряд с тормозом, соединенным со вторым центральным колесом упомянутого планетарного ряда, водило которого соединено с выходным валом, и муфту для связи входного вала диапазонного редуктора с его выходным валом, который является выходным валом коробки передач.

Недостаток известной коробки передач - ее сложная конструкция, состоящая из трех модулей: редуктора-реверса, основной коробки и диапазонного редуктора. Для получения передачи в данной коробке передач необходимо одновременное включение трех элементов управления (по одному в каждом модуле), что усложняет систему управления коробкой передач.

Основная коробка имеет четыре повышающие передачи, при этом угловая скорость вращения сателлитов относительно водил планетарных рядов очень высока, достигает десяти- и более кратного превышения угловой скорости ее входного вала. Снижение абсолютных значений скоростей вращения сателлитов относительно их водил обеспечивает редуктор-реверс, установленный на входе в коробку передач, поэтому без этого модуля основная коробка и коробка передач в целом не работоспособна. Также необходим дополнительный редуктор для обеспечения требуемого ряда передаточных чисел коробки передач путем удвоения ряда передаточных чисел основной коробки. Таким образом, коробка передач имеет большие габариты и обладает низкой надежностью.

Планетарные ряды основной коробки не могут быть унифицированы, поскольку две ее передачи

получаются с использованием отдельных планетарных рядов.

Отношение передаточных чисел (шаг) смежных передач имеет разброс, который находится в пределах 1,35-1,47. Также в рассматриваемой основной коробке нет варианта, сочетающего повышающие и понижающие передачи, отсутствует прямая передача. Все это ограничивает ее функциональные возможности.

Известен способ получения универсальной коробки передач и ее модификаций [4], заключающийся в том, что соосно валам за их опорами в корпусе коробки передач предусмотрена установка с возможностью жесткого соединения с ними дополнительных валов и валов с установленными на них приводами ведущих колес и промежуточного вала.

Известен также способ получения вариантов конструкции несоосной коробки передач с промежуточным валом [5], который заключается в том, что для получения вариантов соосно с валами за их опорами в корпусе коробки передач предусмотрена возможность установки и жесткого соединения с ними дополнительных валов. Путем установки на дополнительных валах базовую коробку снабжают по меньшей мере одним дополнительным зубчатым механизмом с элементом управления и/или дополнительным элементом управления в виде муфты.

Оба способа (второй из них [5] - прототип) сложны в реализации, так как требуется создание опор для дополнительных валов, например путем использования крышки, прикрепляемой к корпусу с опорами для вала. Кроме того, указанные способы пригодны только для конструкций с неподвижными валами осей, которые обладают низкой несущей способностью, поскольку их зубчатые передачи, валы, элементы управления передают полный поток мощности, проходящей через коробку передач, что делает их неприменимыми на высокомоментных мобильных машинах, работающих в тяжелых условиях и режимах нагружения. На таких машинах используют планетарные коробки передач. За счет передачи мощности по нескольким силовым потокам, которые разветвляются в планетарных рядах, планетарные коробки передач обладают более высокой несущей способностью и надежностью по сравнению с другими типами.

Математические зависимости, служащие для получения передаточных чисел коробок передач в указанных способах, представляют собой простые выражения в виде произведений передаточных отношений зубчатых передач, передающих поток мощности от входного вала последовательно, без разветвлений, к выходному валу. Эти зависимости не могут быть использованы в более сложных случаях, например при получении планетарных коробок передач, у которых планетарные ряды образуют структуры, не сводящиеся к последовательным соединениям зубчатых передач.

Задачей, на решение которой направлено предлагаемое изобретение, является получение планетарной коробки передач, содержащей основную коробку и дополнительный редуктор, с расширенными функциональными свойствами, высокой надежностью, степенью унификации, компактностью, а также снижение затрат на разработку и изготовление планетарной коробки передач и ее ремонт, повышение тягово-скоростных свойств машины, снижение ее стоимости владения.

Решение поставленной задачи достигается тем, что основная коробка планетарной коробки передач содержит базовую коробку, включающую входной и выходной валы, три тормоза, три планетарных ряда, содержащих первые центральные колеса, установленные на общем валу, вторые центральные колеса и водила, тормоз, муфту, связывающую выходной вал с входным валом или с общим валом, и четвертый планетарный ряд, содержащий три основных звена: первое центральное колесо, второе центральное колесо и водило, причем одно из его основных звеньев связано с четвертым тормозом, а два других его основных звена соединены соответственно с общим валом и с водилом третьего планетарного ряда, при этом водило первого планетарного ряда соединено со вторым центральным колесом второго планетарного ряда и с выходным валом, водило второго планетарного ряда соединено со вторым центральным колесом третьего планетарного ряда, второе центральное колесо первого планетарного ряда соединено с входным валом, первый второй и третий тормоза связаны соответственно с водилом второго планетарного ряда, водилом третьего планетарного ряда и общим валом, выполненным полым.

Решение поставленной задачи достигается также тем, что планетарная коробка передач содержит основную коробку и дополнительный редуктор, включающий муфту, редуктор, выполненный в виде пятого планетарного ряда с пятым тормозом, либо редуктор-реверс, выполненный в виде двух планетарных рядов (пятого и шестого) с двумя тормозами (пятым и шестым), и элемент, передающий крутящий момент от планетарной коробки передач к двигателю.

Решение поставленной задачи достигается также тем, что в частном случае исполнения планетарной коробки передач ее входной вал выполнен в виде входного вала дополнительного редуктора, установленного перед основной коробкой, на выходном валу которой, служащем выходным валом планетарной коробки передач, установлен элемент, передающий поток мощности к двигателю.

Решение поставленной задачи достигается также тем, что в частном случае исполнения планетарной коробки передач ее входной вал выполнен в виде входного вала основной коробки, которая установлена перед дополнительным редуктором, а элемент, передающий крутящий момент от планетарной коробки передач к двигателю, установлен на выходном валу дополнительного редуктора, служащем выходным валом планетарной коробки передач.

Решение поставленной задачи достигается также тем, что в частном случае исполнения планетарной коробки передач в дополнительном редукторе выходной вал выполнен полым и расположен со сто-

роны его входного вала.

Решение поставленной задачи достигается также тем, что планетарная коробка передач, состоящая из основной коробки и дополнительного редуктора, получена способом, при котором выбирают передаточные числа и вариант дополнительного редуктора, по заданным передаточным числам планетарной коробки передач и передаточным числам дополнительного редуктора определяют значения передаточных чисел основной коробки, при этом определяют предварительные значения передаточных отношений каждого из трех планетарных рядов, а для четвертого планетарного ряда определяют отношение крутящего момента на его основном звене, присоединенном к водилу третьего планетарного ряда, к крутящему моменту на его основном звене, присоединенном к общему валу, по этому отношению выбирают тип четвертого планетарного ряда и определяют для каждого из трех его основных звеньев, какое из них является первым центральным колесом, вторым центральным колесом и водилом, рассчитывают предварительное значение передаточного отношения четвертого планетарного ряда, проводят операцию унификации передаточных отношений планетарных рядов основной коробки, определяют схему расположения планетарных рядов в основной коробке, определяют схему расположения в планетарной коробке передач основной коробки, дополнительного редуктора и элемента, передающего крутящий момент от коробки передач к движителю, устанавливают муфту основной коробки, связывая выходной вал с входным валом или с полым валом.

Решение поставленной задачи достигается также тем, что планетарная коробка передач, состоящая из основной коробки и дополнительного редуктора, в частном случае получена способом, при котором при унификации передаточных отношений планетарных рядов основной коробки сравнивают по абсолютной величине предварительные значения передаточных отношений планетарных рядов основной коробки и выбирают планетарные ряды основной коробки, у которых абсолютные величины предварительных значений передаточных отношений имеют отличия не более чем на 10% по отношению к меньшему из них, определяют унифицированное передаточное отношение планетарного ряда, которое получают осреднением значений абсолютных величин предварительных значений передаточных отношений для выбранных планетарных рядов основной коробки, для выбранных планетарных рядов основной коробки устанавливают унифицированное значение передаточного отношения с учетом знаков предварительных значений их передаточных отношений, пересчитывают предварительные значения передаточных чисел основной коробки с учетом унифицированного передаточного отношения планетарного ряда, сравнивают соответствующие передаточные числа основной коробки, полученные при пересчете, и заданные значения передаточных чисел, при расхождении во всех сравниваемых случаях значений передаточных чисел основной коробки, полученных пересчетом, не более чем на 5% с заданными значениями передаточных чисел для передаточных отношений выбранных планетарных рядов принимают унифицированное передаточное отношение планетарного ряда, при расхождении указанных величин более чем на 5% в качестве передаточных отношений планетарных рядов принимают их предварительно определенные значения.

Применение предлагаемого способа решает задачу создания основной коробки, которая представляет собой модуль планетарной коробки передач с высокими функциональными свойствами, надежностью, ремонтпригодностью, степенью унификации, компактностью, а также решает задачу получения планетарной коробки передач с различными модификациями для конкретных машин и улучшения на этой основе их тягово-скоростных свойств, надежности, ремонтпригодности, снижения их стоимости владения.

Сущность предлагаемого технического решения поясняется фигурами 1-18 с примерами, которые не исчерпывают все варианты реализации изобретения, но наглядно демонстрируют возможность достижения требуемого технического результата приведенной совокупностью признаков.

На фиг. 1 изображена структурная схема базовой коробки, входящей в основную коробку планетарной коробки передач;

на фиг. 2 - схема расположения планетарных рядов базовой коробки, входящей в основную коробку планетарной коробки передач, с выходным валом базовой коробки, находящимся внутри ее полого вала;

на фиг. 3 - схема расположения планетарных рядов базовой коробки, входящей в основную коробку планетарной коробки передач, с входным валом базовой коробки, находящимся внутри ее полого вала;

на фиг. 4 - схемы расположения планетарных рядов базовой коробки, входящей в основную коробку планетарной коробки передач, с валом базовой коробки, соединяющим водило первого планетарного ряда со вторым центральным колесом второго планетарного ряда и находящимся внутри ее полого вала;

на фиг. 5 - схема расположения планетарных рядов в основной коробке планетарной коробки передач, содержащей базовую коробку с выходным валом, находящимся внутри ее полого вала;

на фиг. 6 - схема расположения планетарных рядов в основной коробке планетарной коробки передач, содержащей базовую коробку с входным валом, находящимся внутри ее полого вала;

на фиг. 7 - схема расположения планетарных рядов в основной коробке планетарной коробки передач, содержащей базовую коробку с валом базовой коробки, соединяющим водило первого планетарного ряда со вторым центральным колесом второго планетарного ряда и находящимся внутри ее полого вала;

на фиг. 8 - схема основной коробки планетарной коробки передач, обеспечивающей четыре пони-

жающих передачи с простыми планетарными рядами;

на фиг. 9 - схема основной коробки планетарной коробки передач, обеспечивающей три понижающих и одну повышающую передачу, с одинаковыми передаточными отношениями планетарных рядов;

на фиг. 10 - схема основной коробки планетарной коробки передач, обеспечивающая четыре понижающих передачи с четвертым планетарным рядом, имеющим положительное передаточное отношение;

на фиг. 11 - схема основной коробки планетарной коробки передач, обеспечивающая три понижающих и одну повышающую передачу, с простым неунифицированным четвертым планетарным рядом;

на фиг. 12 - схема основной коробки планетарной коробки передач, обеспечивающая три понижающих и одну прямую передачи переднего хода;

на фиг. 13 - схема дополнительного редуктора планетарной коробки передач с двумя простыми планетарными рядами;

на фиг. 14 - схема дополнительного редуктора планетарной коробки передач со вторым планетарным рядом, имеющим положительное передаточное отношение;

на фиг. 15 - схема дополнительного редуктора планетарной коробки передач со вторым планетарным рядом, имеющим положительное передаточное отношение, в котором выходной вал выполнен полым и расположен со стороны его входного вала;

на фиг. 16 - схема дополнительного редуктора планетарной коробки передач с планетарным рядом и муфтой;

на фиг. 17 - схема планетарной коробки передач, содержащей основную коробку с реверсивной передачей и диапазонный редуктор, обеспечивающая 8 передач переднего хода и 2 передачи заднего хода;

на фиг. 18 - схема планетарной коробки передач, содержащей основную коробку и диапазонный редуктор, обеспечивающая 10 передач переднего хода и 5 передач заднего хода, с ведущим элементом, передающим крутящий момент от коробки передач к движителю, расположенным на полом выходном валу планетарной коробки передач между ее основной коробкой и дополнительным редуктором.

Предлагаемый способ имеет следующие особенности.

Передаточные числа модулей - основной коробки и дополнительного редуктора - определяют в зависимости от числа передач переднего и заднего хода и типа планетарной коробки передач: реверсивная или многоступенчатая. Реверсивная коробка передач имеет равное число передач переднего и заднего хода. Многоступенчатая коробка передач - по меньшей мере одну передачу заднего хода и значительно большее число передач переднего хода.

Тип планетарной коробки передач определяют с использованием классификации представленных ниже структурных вариантов построения планетарной коробки передач, полученных на основе исследований, включающих анализ возможных комбинаций распределения чисел передач в ее основной коробке и дополнительном редукторе:

реверсивная планетарная коробка передач с реверсом в основной коробке и дополнительном редукторе:

$$1. (3+1) \times (1+1) = 4+4;$$

$$2. (4+1) \times (1+1) = 5+5,$$

реверсивная планетарная коробка передач с реверсом в дополнительном редукторе:

$$3. (4) \times (1+1) = 4+4 \text{ (с понижающими передачами в основной коробке);}$$

$$4. (4) \times (1+1) = 4+4 \text{ (с прямой передачей в основной коробке);}$$

$$5. (5) \times (1+1) = 5+5,$$

многоступенчатая планетарная коробка передач с реверсом в основной коробке:

$$6. (3+1) \times (2) = 6+2;$$

$$7. (4+1) \times (2) = 8+2;$$

многоступенчатая планетарная коробка передач с реверсом в основной коробке и дополнительном редукторе:

$$8. (3+1) \times (2+1) = 7+5;$$

$$9. (4+1) \times (2+1) = 9+6,$$

многоступенчатая планетарная коробка передач с реверсом в дополнительном редукторе:

$$10. (3) \times (2+1) = 6+3;$$

$$11. (4) \times (2+1) = 8+2 \text{ (без прямой передачи в основной коробке);}$$

$$12. (4) \times (2+1) = 8+2 \text{ (с прямой передачей в основной коробке);}$$

$$13. (5) \times (2+1) = 10+5.$$

В этих вариантах первая позиция в скобках соответствует количеству передач переднего хода, а вторая (если присутствует) - заднего. Первые скобки соответствуют основной коробке, вторые - дополнительному редуктору.

Общее число передач переднего хода планетарной коробки передач равно произведению числа передач переднего хода основной коробки и числа передач переднего хода дополнительного редуктора, к которому прибавляется произведение чисел реверсивных передач указанных модулей. Общее число пе-

редач заднего хода определяется аналогично с использованием произведений чисел передач переднего и заднего хода.

Для реверсивной коробки передач передаточные числа переднего хода основной коробки u_{Gi} и дополнительного редуктора u_{BF} получают, используя очевидную зависимость для последовательно соединенных трансмиссионных модулей:

$$u_{GBi} = u_{Gi} u_{BF}, \quad (1)$$

где u_{GBi} - передаточное число переднего хода планетарной коробки передач; u_{Gi} - передаточное число основной коробки; u_{BF} - передаточное число переднего хода дополнительного редуктора.

Аналогичную зависимость используют для передач заднего хода, при этом учитывают, что передачи основной коробки используют на переднем и заднем ходу.

Для получения передаточных чисел основной коробки и дополнительного редуктора у многоступенчатых коробок передач, имеющих число передач переднего хода $N_p=6, 8$ или 10 (кроме случаев использования реверсивных передач в обоих модулях), передаточные числа u_{GBi} разбивают на два диапазона: высший и низший с числом передач $N_p/2$. При этом за счет основной коробки реализуют передачи высшего диапазона передаточных чисел коробки передач, а передачи низшего диапазона реализуют с использованием указанных передач основной коробки и передачи переднего хода дополнительного редуктора.

Передаточное число передачи переднего хода дополнительного редуктора u_{BF} принимают равным передаточному числу передачи с номером $(N_p/2)$ многоступенчатой планетарной коробки передач.

При наличии у основной коробки реверсивной передачи (передачи заднего хода) ее значение определяют с учетом зависимости

$$u_{GR} = u_{GBR1} / u_{BF}, \quad (2)$$

где u_{BF} - передаточное число дополнительного редуктора; u_{GBR1} - передаточное число планетарной коробки передач на первой передаче заднего хода.

Для получения передаточных чисел планетарной коробки передач, содержащей реверсивные передачи в обоих модулях (в основной коробке и в дополнительном редукторе), используют зависимости (1) и (2). При этом учитывают передачу/передачи переднего хода, получаемую за счет использования реверсивных передач модулей.

При определении структуры каждого модуля устанавливают:

- количество планетарных рядов и тормозов по числу передач модуля, кроме прямой;
- необходимость муфты (при наличии прямой передачи в модуле);
- взаимосвязи между элементами модуля;
- порядок включения тормозов и муфт на передачах модуля.

Базовую коробку, входящую в основную коробку планетарной коробки передач, формируют в соответствии со структурной схемой, показанной на фиг. 1. При этом базовая коробка (фиг. 2-4) содержит входной 7 и выходной 8 валы, три планетарных ряда (1, 2, 3) и три тормоза (10, 20, 30), причем водило 13 первого планетарного ряда 1 соединено со вторым центральным колесом 22 второго планетарного ряда 2 и с выходным валом 8, водило 23 второго планетарного ряда 2 соединено со вторым центральным колесом 32 третьего планетарного ряда 3, второе центральное колесо 12 первого планетарного ряда 1 соединено с входным валом 7, вал 9, на котором установлены первые центральные колеса (11, 21, 31) трех планетарных рядов (1, 2, 3) базовой коробки, выполнен полым с возможностью расположения в нем вала основной коробки, первый, второй и третий тормоза (10, 20, 30) базовой коробки связаны соответственно с водилом 23 второго планетарного ряда, водилом 33 третьего планетарного ряда и полым валом 9 базовой коробки.

Базовая коробка обеспечивает получение трех смежных понижающих передач. Для получения в основной коробке четвертой непрямой передачи к базовой коробке присоединяют четвертый планетарный ряд 4 с тормозом 40. При этом два из трех звеньев четвертого планетарного ряда 4 соединяют соответственно с полым валом базовой коробки 9 и водилом третьего планетарного ряда 33, а третье звено четвертого планетарного ряда 4 связывают с четвертым тормозом 40 (фиг. 5-7). Основную коробку в зависимости от заданных передаточных чисел выполняют с дополнительной понижающей (фиг. 8, 10, 17), повышающей (фиг. 9, 11) или реверсивной передачей (фиг. 17). Конкретную схему расположения ее планетарных рядов выбирают на последующих этапах.

Для получения прямой передачи в основной коробке предусматривают муфту 14, кинематически связывающую два любых подвижных основных звена основной коробки, например входной 7 и выходной 8 валы основной коробки (фиг. 12). Выбор варианта установки муфты 14 осуществляют на заключительных этапах получения планетарной коробки передач с учетом взаимного расположения основной коробки и дополнительного редуктора.

Структуру дополнительного редуктора выбирают с использованием известных решений для получения передачи переднего хода и реверса двумя планетарными рядами, либо применения планетарного ряда с блокировочной муфтой, либо двух планетарных рядов и муфты. Распространенные решения с использованием двух планетарных рядов, обеспечивающих передачу переднего хода и реверс, приведены,

например, в [6], с. 237, статья "Планетарные редукторы-реверсы".

При попеременном включении элементов управления основной коробки ее звенья соединяются в определенные силовые схемы, реализующие соответствующие передаточные отношения. В предлагаемом способе решаются задачи определения передаточных отношений планетарных рядов по заданным передаточным числам основной коробки и ее схеме. Предварительные значения передаточных отношений u_{D_i} , трех планетарных рядов базовой коробки, входящей в основную коробку, определяют по формулам, полученным в результате применения известных соотношений, описывающих кинематику планетарных передач (см., например, [7], с. 17-23, глава 2 "Кинематика планетарных передач"), к основной коробке с учетом особенностей кинематических связей основных звеньев ее планетарных рядов при включении определенных элементов управления.

При включении тормоза 30 (фиг. 2-4) работает первый планетарный ряд 1, момент от входного вала 7 подводится к второму центральному колесу 12 первого планетарного ряда 1. При заторможенном первом центральном колесе 11 первого планетарного ряда 1 момент трансформируется, снимается с вала 13 первого планетарного ряда 1 и передается выходному валу 8 базовой коробки, который служит выходным валом 8 основной коробки. Передаточное отношение первого планетарного ряда 1 определяется по формуле

$$u_{D1}=1/(1-u_3), \quad (3)$$

где u_3 - передаточное число основной коробки при включении тормоза 30.

При включении тормоза 10 (фиг. 2-4) работают первый 1 и второй 2 планетарные ряды. Передаточное отношение второго планетарного ряда 2 определяется по формуле

$$u_{D2}=u_{D1}(u_1-1)+1, \quad (4)$$

где u_1 - передаточное число основной коробки при включении тормоза 10.

При включении тормоза 20 (фиг. 2-4) работают первый 1, второй 2 и третий 3 планетарные ряды. Передаточное отношение третьего планетарного ряда 3 определяется по формуле

$$u_{D3}=w_9/w_{32}, \quad (5)$$

где $w_9=(1-u_{D1})/u_2+u_{D1}$; $w_{32}=(-u_{D2}/u_2+w_9)/(1-u_{D2})$, u_2 - передаточное число основной коробки при включении тормоза 20.

При включении тормоза 40 (фиг. 2-4) работают первый 1, второй 2 третий 3 и четвертый 4 планетарные ряды.

Исходя из заданного передаточного числа передачи, получаемой включением тормоза 40, для дополнительного четвертого планетарного ряда 4 основной коробки предварительно определяют отношение моментов i_{ba4} на его втором и первом основных звеньях, которыми он присоединяется к базовой коробке. Это отношение для рассматриваемого случая (с заторможенным тормозом 40 третьим звеном четвертого планетарного ряда) равно обратному отношению угловых скоростей указанных основных звеньев, взятому со знаком минус:

$$i_{ba4}=-w_{9p}/w_{42}, \quad (6)$$

где $w_{9p}=(1-u_{D1})/u_4+u_{D1}$; $w_{42}=(-u_{D3}w_{32}+w_{9p})/(1-u_{D3})$; $w_{32}=(-u_{D2}/u_4+w_{9p})/(1-u_{D2})$, u_4 - передаточное число основной коробки при включении тормоза 40.

Отношение моментов i_{ba4} на звеньях четвертого планетарного ряда 4 основной коробки используют для выбора типа планетарного ряда, которым реализуют указанное отношение моментов. Затем определяют передаточное отношение четвертого планетарного ряда u_{D4} . Для этого используют известные рекомендации (см., например, [7], с. 13-15, табл. 1.1).

Предварительные значения передаточных отношений планетарных рядов дополнительного редуктора u_{DBj} по принятой структуре модуля и передаточным числам u_{Bj} определяют известным способом. Например, при получении передач переднего хода и заднего хода отдельными планетарными рядами с затормаживаемыми вторыми центральными колесами используют соотношение (см., например, [7], с. 20, табл. 2.1):

$$u_{DB}=1-u_B, \quad (7)$$

где u_B - передаточное число соответствующей передачи дополнительного редуктора.

При проведении унификации скорректированные значения передаточных чисел передач основной коробки определяют по схеме коробки передач и передаточным отношениям ее планетарных рядов известным способом (см., например, [7], с. 17-23, глава 2 "Кинематика планетарных передач"; [8], с. 42-55, глава 2 "Кинематика и квазистатика").

Для определения скорректированных значений передаточных чисел дополнительного редуктора u_B используют известные формулы, получаемые из соотношения (7).

При унификации передаточных отношений планетарных рядов основной коробки или дополнительного редуктора выполняют проверку того, чтобы соответствующие передаточные числа передач основной коробки или дополнительного редуктора, полученные при унификации передаточных отношений планетарных рядов, отличались от заданных не более чем на 5%, такое значение подтверждается практикой проектирования коробок передач, либо не выходили за другие допустимые пределы, установленные,

например, техническим заданием на проектирование планетарной коробки передач.

Тип каждого планетарного ряда выбирают по полученному значению его передаточного отношения u_D , определяя, какое из основных звеньев в планетарном ряду является первым центральным колесом, вторым центральным колесом и водилом; при этом используют известные рекомендации (см., например, [1], с. 21, табл. 2.1; [7] с. 13-15, табл. 1.1).

Диапазоны рациональных передаточных отношений u_D :
для простого планетарного ряда

$$-5,0 \leq u_D \leq -1,5, \quad (8)$$

для ряда с парными сателлитами

$$1,6 \leq u_D \leq 4,0. \quad (9)$$

Схему расположения планетарных рядов основной коробки выбирают с учетом отношения $|u_D| = z_b/z_a$, где z_b/z_a - отношение чисел зубьев соответственно второго и первого центрального колес планетарного ряда. Первую схему (фиг. 5, 8, 9, 12), при которой внутри полого вала 9 располагают наиболее нагруженный выходной вал основной коробки 8, используют, если абсолютные значения передаточных отношений u_{Di} планетарных рядов основной коробки составляют не более 3,2. Вторую схему (фиг. 6), в которой внутри полого вала располагают наименее нагруженный входной вал 7 основной коробки, используют, если минимальное значение абсолютной величины u_{Di} планетарных рядов основной коробки составляет более 3,5. Третью схему (фиг. 7, 10), в которой внутри полого вала располагают вал 15, соединяющий водило первого планетарного ряда и второе центральное колесо второго планетарного ряда базовой коробки, используют, если значения абсолютных величин u_{Di} планетарных рядов основной коробки составляют 2,8-4,0. Окончательный вариант схемы расположения планетарных рядов основной коробки принимают после компоновки, расчетов и определения размеров ее основных элементов.

Схему дополнительного редуктора выбирают из известных решений (см., например, [6], с. 237, статья "Планетарные редукторы-реверсы").

Наиболее распространенные схемы с двумя планетарными рядами 5, 6 представлены на фиг. 13-14. Второй планетарный ряд 6 дополнительного редуктора с парными сателлитами (фиг. 14), имеющий более сложную конструкцию, чем обычный планетарный ряд 6 (фиг. 13), используют для обеспечения минимальных осевых габаритов дополнительному редуктору. Схему дополнительного редуктора, приведенную на фиг. 15, используют при размещении ведущего элемента 66, передающего крутящий момент от коробки передач к движителю, между основной коробкой и дополнительным редуктором. При выполнении дополнительного редуктора с одним планетарным рядом 5 муфта 64 может располагаться со стороны входного 44 (фиг. 16) или выходного 65 вала дополнительного редуктора.

Последовательность расположения основной коробки и дополнительного редуктора в планетарной коробке передач определяют на основе данных о нагруженности элементов указанных модулей. Во многих случаях в многоступенчатых коробках передач целесообразно основную коробку устанавливать первой, обеспечивая меньшую нагруженность ее элементов. При этом в целом планетарную коробку передач получают меньшего размера. Окончательно расположение модулей планетарной коробки передач устанавливают после проведения расчетов на прочность и долговечность ее основных элементов. При наличии прямых передач в модулях в них устанавливают муфты. Соединение двух любых подвижных основных звеньев модуля обеспечивает получение в модуле прямой передачи. При выборе варианта установки муфты учитывают данные расчета ее нагруженности в статике и динамике, возможность подвода рабочей жидкости к ее вращающимся элементам для включения, а также компоновку модуля в целом в зависимости от варианта установки муфты.

Предлагаемый способ предусматривает использование в основной коробке различных механизмов, например в виде четвертого планетарного ряда с тормозом и/или муфты в зависимости от заданного значения ее передаточных чисел. В частных случаях, не исчерпывающих все возможности исполнения, показанных на фиг. 8-10, 17, основная коробка может быть реализована, например, с параметрами, сведенными в табл. 1.

Таблица 1. Случаи исполнения основной коробки и ее передаточные числа при $u_{D1} = u_{D2} = u_{D3} = -3,144$ на передачах

Случай исполнения		Передача				Тип 4-й передачи
Схема	u_{D4}	1	2	3	4	
Фиг. 8	-2,144	2,318	1,749	1,318	3,040	Понижающая
Фиг. 9	-3,144	2,318	1,749	1,318	0,770	Повышающая
Фиг. 10	3,144	2,318	1,749	1,318	1,524	Понижающая
Фиг. 17	2,106	2,318	1,749	1,318	-2,312	Реверсивная
Фиг. 17	3,144	2,318	1,749	1,318	3,040	Понижающая

Во всех случаях исполнения основная коробка может при необходимости иметь прямую передачу. Кроме того, возможен случай реализации основной коробки без дополнительного четвертого планетарного ряда, только с муфтой, обеспечивающей прямую передачу. В этих случаях в базовой коробке устанавливают муфту 14, кинематически связывающую, например, ее входной 7 и выходной 8 валы, и располагают ее, например, над вторым планетарным рядом 2 для связи второго центрального колеса 12 первого планетарного ряда 1 и второго центрального колеса 22 второго планетарного ряда 2 (фиг. 12).

Существенной особенностью предлагаемого способа является также возможность для одной и той же основной коробки изменением передаточного отношения зубчатого механизма, например, четвертого планетарного ряда 4 качественно изменять передаточное число. Например, см. фиг. 17 и табл. 1, при передаточном отношении четвертого планетарного ряда $u_{D4}=2,106$ получают в основной коробке реверсивную передачу. Изменив передаточное отношение четвертого планетарного ряда 4 на $u_{D4}=3,144$ получают понижающую передачу.

Изобретение поясняется примерами способа получения планетарной коробки передач.

Исходными данными для получения коробки передач служит заданный ряд передаточных чисел. Передаточные числа определяют методами тягового расчета машины при выборе параметров ее трансмиссии (см., например, [9], с. 71-77, п.3.3 "Выбор параметров трансмиссии").

Для большегрузных автомобилей отношение (шаг) передаточных чисел смежных передач принимают в пределах 1,3-1,4. Более высокие значения приводят к увеличению расхода топлива и снижению динамических качеств автомобиля, меньшие значения ведут к усложнению коробки передач. При заданном диапазоне передаточных чисел передаточные числа промежуточных передач в большинстве случаев рассчитывают по геометрической прогрессии, что обеспечивает возможность работы двигателя при разгоне автомобиля в одинаковом режиме на всех передачах. Передаточное число передачи заднего хода принимают близким по абсолютной величине к передаточному числу первой передачи [10], с. 25-26.

Пример 1. Способ получения многоступенчатой планетарной коробки передач для гидромеханической трансмиссии карьерного самосвала с высшей прямой передачей, числом передач переднего хода $N_p=8$, геометрическим рядом передаточных чисел с параметром ряда (шагом передаточных чисел) $q=1,33$; передаточным числом первой передачи заднего хода u_{GBR1} , близким по абсолютной величине к первой передаче переднего хода u_{GB1} .

Заданные передаточные числа планетарной коробки передач u_{GBi} образуют в виде геометрического ряда (табл. 2).

Таблица 2. Заданные передаточные числа планетарной коробки передач

Передача	1	2	3	4	5	6	7	8	Задний ход 1
Передаточное число u_{GB}	7,36	5,54	4,16	3,13	2,35	1,77	1,33	1,00	$\approx -7,36$

Способ включает следующие действия.

В основную коробку планетарной коробки передач включают базовую коробку, в которой объединяют входной и выходной валы основной коробки, три планетарных ряда и три тормоза, четвертый планетарный ряд с тормозом и муфту, а основную коробку соединяют с дополнительным редуктором.

Определяют предварительные значения передаточных чисел основной коробки и дополнительного редуктора по заданным значениям передаточных чисел планетарной коробки передач.

При этом принимают структуру многоступенчатой планетарной коробки передач с реверсом в основной коробке по варианту 7: $(4+1) \times (2) = 8+2$. Передаточные числа между основной коробкой и дополнительным редуктором разбивают с использованием соотношения (1). Для получения передаточных чисел основной коробки заданные передаточные числа планетарной коробки передач u_{GBi} разбивают на два диапазона. Высший диапазон составляют четыре высших передачи планетарной коробки передач, которые принимают в качестве передач переднего хода основной коробки. Передаточное число понижающей передачи дополнительного редуктора принимают равным передаточному числу планетарной коробки передач с номером $N_p/2=4$: $u_{B1}=u_{GB4}=3,13$. Определяют примерное значение передаточного числа реверсивной передачи в основной коробке: $u_{GR} \approx u_{GBR1}/u_{B1} = -7,36/3,13 = -2,35$. Предварительные передаточные числа модулей - основной коробки и дополнительного редуктора - сводят в табл. 3.

Таблица 3. Предварительные передаточные числа основной коробки и дополнительного редуктора

Модуль	Основная коробка					Дополнительный редуктор
	1	2	3	4	Задний ход	
Передача						Понижающая
Передаточное число	2,35	1,77	1,33	1,00	$\approx -2,35$	3,13

Устанавливают количество планетарных рядов, тормозов и муфт основной коробки и дополнительного редуктора и их связи.

При этом базовую коробку, входящую в основную коробку планетарной коробки передач, форми-

руют в соответствии со структурной схемой, показанной на фиг. 1. В базовую коробку включают входной 7 и выходной 8 валы основной коробки, три планетарных ряда (1, 2, 3) и три тормоза (10, 20, 30), причем водило 13 первого планетарного ряда 1 соединяют со вторым центральным колесом 22 второго планетарного ряда 2 и с выходным валом 8, водило 23 второго планетарного ряда соединяют со вторым центральным колесом 32 третьего планетарного ряда 3, второе центральное колесо 12 первого планетарного ряда 1 соединяют с входным валом 7, вал 9, на котором установлены первые центральные колеса (11, 21, 31) трех планетарных рядов (1, 2, 3) базовой коробки выполняют полым с возможностью расположения в нем вала основной коробки, первый, второй и третий тормоза (10, 20, 30) базовой коробки связывают соответственно с водилом 23 второго планетарного ряда 2, водилом 33 третьего планетарного ряда 3 и полым валом 9 базовой коробки.

Базовая коробка обеспечивает получение трех смежных понижающих передач. Для получения в основной коробке четвертой реверсивной передачи к базовой коробке присоединяют четвертый планетарный ряд 4 с тормозом 40 (возможные случаи исполнения базовой коробки и присоединения планетарного ряда 4 показаны на фиг. 2-4). При этом два из трех звеньев четвертого планетарного ряда 4 соединяют соответственно с полым валом базовой коробки 9 и водилом третьего планетарного ряда 33, а третье звено четвертого планетарного ряда 4 связывают с четвертым тормозом 40. Основную коробку выполняют с реверсивной передачей. Конкретную схему расположения ее планетарных рядов выбирают на последующих этапах.

Для получения прямой передачи в основной коробке предусматривают установку муфты 14, кинематически связывающей два любых подвижных основных звена основной коробки, например входной и выходной валы основной коробки.

Структуру дополнительного редуктора выбирают в виде планетарного ряда с блокировочной муфтой (фиг. 16).

Выбор вариантов установки муфт в основной коробке и дополнительном редукторе осуществляют на заключительных этапах получения планетарной коробки передач с учетом взаимного расположения основной коробки и дополнительного редуктора.

Затем определяют предварительные значения передаточных отношений каждого из трех планетарных рядов (1, 2, 3) базовой коробки, входящей в основную коробку планетарной коробки передач.

При этом в основной коробке определяют предварительные значения u_{D_i} трех первых планетарных рядов (1, 2, 3), входящих в базовую коробку, рассматривая работу основной коробки на трех понижающих передачах переднего хода:

включение тормоза 30, передаточное число третьей передачи основной коробки $u_{G3}=1,330$, работает ряд 1, используют формулу (3);

включение тормоза 10, передаточное число первой передачи основной коробки $u_{G1}=2,353$, работают ряды 1 и 2, используют формулу (4);

включение тормоза 20, передаточное число второй передачи основной коробки $u_{G2}=1,769$, работают ряды 1, 2 и 3, используют формулу (5).

Получают предварительные значения передаточных отношений трех планетарных рядов (1, 2, 3) основной коробки: $u_{D1}=-3,030$; $u_{D2}=-3,099$; $u_{D3}=-3,303$.

Для четвертого планетарного ряда 4 основной коробки предварительно определяют отношение крутящего момента на его втором звене, присоединенном к водилу третьего планетарного ряда 3 базовой коробки, к крутящему моменту на его первом звене, присоединенном к полному валу 9 базовой коробки. Для этого используют формулу (6) и получают отношение $i_{ba4}=-2,106$.

По этому отношению выбирают тип планетарного ряда и определяют для каждого из трех его основных звеньев, какое из них является первым центральным колесом, вторым центральным колесом и водилом, и рассчитывают передаточное отношение четвертого планетарного ряда.

При этом по величине i_{ba4} выбирают планетарный ряд с парными сателлитами; его первым звеном, соединенным с полым валом 9 базовой коробки, принимают первое центральное колесо 41, вторым звеном, соединенным с водилом третьего планетарного ряда 3 базовой коробки - второе центральное колесо 42, а третьим звеном, связанным с тормозом - водило 43. При полученном отношении моментов $i_{ba4}=-2,106$ передаточное отношение четвертого планетарного ряда 4 основной коробки имеет положительное значение $u_{D4}=2,106$ (фиг. 17).

Определяют предварительные значения передаточных отношений планетарного ряда дополнительного редуктора. В дополнительном редукторе используют один планетарный ряд 5 с тормозом, обеспечивая понижающую передачу переднего хода при включении тормоза 50 (фиг. 16). При передаточном числе дополнительного редуктора $u_{BF}=3,13$ получают по формуле (7) передаточное отношение планетарного ряда $u_D=u_{DBF}=-2,13$.

Проводят унификацию передаточных отношений планетарных рядов в основной коробке и дополнительном редукторе.

При унификации передаточных отношений планетарных рядов основной коробки сравнивают по абсолютной величине предварительные значения передаточных отношений планетарных рядов и выбирают планетарные ряды основной коробки, у которых абсолютные величины предварительных значений

передаточных отношений имеют отличия не более чем на 10% по отношению к меньшему из них; к таким планетарными рядам относят первый, второй и третий планетарные ряды (1, 2, 3).

Определяют унифицированное передаточное отношение планетарного ряда, которое получают осреднением значений абсолютных величин предварительных значений передаточных отношений для выбранных планетарных рядов основной коробки: $u_D = -3,144$.

Для выбранных планетарных рядов (1, 2, 3) основной коробки устанавливают унифицированное значение передаточного отношения с учетом знаков предварительных значений их передаточных отношений $u_{D1} = u_{D2} = u_{D3} = u_D = -3,144$.

Пересчитывают предварительные значения передаточных чисел основной коробки с учетом унифицированного передаточного отношения планетарного ряда, получают u_{Gi} : 2,318; 1,750; 1,318.

Сравнивают соответствующие передаточные числа основной коробки, полученные при пересчете, и заданные значения передаточных чисел (табл. 3) u_{Gi} : 2,35; 1,77; 1,33.

Для передаточных отношений выбранных планетарных рядов (1, 2, 3) принимают унифицированное передаточное отношение планетарного ряда $u_D = -3,144$, поскольку во всех сравниваемых случаях значения передаточных чисел основной коробки, полученные пересчетом, имеют расхождение не более чем на 5% от заданных значений передаточных чисел.

Дополнительный редуктор имеет один планетарный ряд 5. Принимают для него ранее определенное передаточное отношение. При необходимости, например, сближения верхнего и нижнего диапазонов передаточных чисел планетарной коробки передач оно может скорректировано.

Определяют схему расположения планетарных рядов в основной коробке. С учетом полученных значений передаточных отношений планетарных рядов принимают схему с расположением внутри полового вала 9 базовой коробки выходного вала 8, что обеспечивает компактную конструкцию (фиг. 17).

Определяют схему расположения в планетарной коробке передач основной коробки, дополнительного редуктора и элемента 66, передающего крутящий момент от коробки передач к движителю. Для выравнивания нагруженности планетарных рядов модулей и с учетом повышенных скоростей основных звеньев четвертого планетарного ряда основной коробки на реверсивной передаче основную коробку размещают за дополнительным редуктором. Элемент 66, передающий крутящий момент от коробки передач к движителю, размещают на выходе планетарной коробки передач.

Определяют схему расположения планетарного ряда и выходного вала в дополнительном редукторе. Выходной вал 65 дополнительного редуктора размещают со стороны, противоположной его входному валу 44, и соединяют с входным валом 7 основной коробки (фиг. 17).

Устанавливают муфту 14 в основной коробке, кинематически связывая выходной вал 8 основной коробки с полым валом 9 базовой коробки (фиг. 17).

Устанавливают муфту 64 в дополнительном редукторе, кинематически связывая выходной вал 65 дополнительного редуктора через соединенное с ним водило 53 с первым центральным колесом 51 первого планетарного ряда дополнительного редуктора 5 через входной вал 44 дополнительного редуктора, являющийся входным валом планетарной коробки передач (фиг. 17).

Выходной вал коробки передач, являющийся выходным валом основной коробки 8, соединяют с элементом 66, передающим крутящий момент от коробки передач к движителю.

Полученную планетарную коробку выполняют, располагая все планетарные ряды в одном корпусе, что обеспечивает ей высокую компактность, при этом помимо унификации планетарных рядов базовой коробки выполняют также унификацию соединений "водило - второе центральное колесо последующего планетарного ряда" для всех последовательно расположенных пар планетарных рядов.

При этом планетарная коробка передач обладает расширенными функциональными свойствами за счет обеспечения реверсивной передачи в основной коробке, а также высокой степенью унификации, компактностью.

Таким образом получена планетарная коробка передач (фиг. 17), состоящая из основной коробки и присоединенного к ней дополнительного редуктора, при этом основная коробка содержит входной 7 и выходной валы 8, три тормоза 10, 20, 30, три планетарных ряда 1, 2, 3, содержащих первые центральные колеса 11, 21, 31, установленные на общем валу 9, вторые центральные колеса 12, 22, 32 и водила 13, 23, 33, тормоз 40, муфту 14, связывающую выходной вал 8 с общим валом 9, и планетарный ряд 4, содержащий три основных звена: первое центральное колесо 41, второе центральное колесо 42 и водило 43, причем его водило 43 связано с тормозом 40, а два других его основных звена - первое центральное колесо 41 и второе центральное колесо 42 - соединены соответственно с общим валом 9 и с водилом 33, при этом водило 13 соединено со вторым центральным колесом 22 и с выходным валом, водило 23 соединено со вторым центральным колесом 32, второе центральное колесо 12 соединено с входным валом 7, тормоза 10, 20, 30 связаны соответственно с водилом 23, водилом 33 и общим валом 9, выполненным полым, в котором расположен выходной вал 8, дополнительный редуктор содержит муфту 64, редуктор, выполненный в виде планетарного ряда 5 с тормозом 50, входной вал планетарной коробки передач выполнен в виде входного вала дополнительного редуктора 44, установленного перед основной коробкой, на выходном валу 8 которой, служащем выходным валом планетарной коробки передач, установлен элемент 66, передающий крутящий момент от коробки передач к движителю.

Пример 2. Способ получения многоступенчатой планетарной коробки передач для гидромеханической трансмиссии внедорожного автомобиля повышенной проходимости с высшей прямой передачей, числом передач переднего хода $N_p=10$, геометрическим рядом передаточных чисел с параметром ряда $q=1,33$, передаточным числом первой передачи заднего хода u_{GBR1} в диапазоне $-(0,65-1,00)u_{GB1}$, где u_{GB1} - передаточное число первой передачи планетарной коробки передач, элементом, передающим крутящий момент от планетарной коробки передач к движителю, расположенным между основной коробкой и дополнительным редуктором.

Заданные передаточные числа планетарной коробки передач u_{GBi} , образуют в виде геометрического ряда (табл. 4).

Таблица 4. Заданные передаточные числа переднего хода планетарной коробки передач

Передача	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Задний ход 1
Передаточное число u_{GB}	13,0	9,79	7,36	5,54	4,16	3,13	2,35	1,77	1,33	1,00	(-13,0) — (-8,45)

Способ включает следующие действия.

В основную коробку планетарной коробки передач включают базовую коробку, в которой объединяют входной и выходной валы основной коробки, три планетарных ряда и три тормоза, четвертый планетарный ряд с тормозом и муфту, а основную коробку соединяют с дополнительным редуктором.

Определяют предварительные значения передаточных чисел основной коробки и дополнительного редуктора по заданным значениям передаточных чисел планетарной коробки передач.

При этом принимают структуру многоступенчатой планетарной коробки передач с реверсом в дополнительном редукторе по варианту 13: $(5) \times (2+1) = 10+5$. Передаточные числа между основной коробкой и дополнительным редуктором разбивают с использованием соотношения (1). Для получения передаточных чисел основной коробки заданные передаточные числа планетарной коробки передач u_{GBi} разбивают на два диапазона. Высший диапазон составляют пять высших передач планетарной коробки передач, которые принимают в качестве передач переднего хода основной коробки.

Передаточное число передачи переднего хода дополнительного редуктора принимают равным передаточному числу планетарной коробки передач с номером $N_p/2=5$: $u_{B1}=u_{GB5}=4,16$. Определяют диапазон значений первой передачи заднего хода в дополнительном редукторе: $-(0,7-1,1)u_{GBR1} \setminus u_{G1}$. Предварительные передаточные числа модулей - основной коробки и дополнительного редуктора - сводят в табл. 5.

Таблица 5. Предварительные передаточные числа модулей

Модуль	Основная коробка					Дополнительный редуктор	
	1	2	3	4	5	Передний ход	Задний ход 1
Передаточное число	3,13	2,35	1,77	1,33	1,00	4,16	(-2,70) — (-4,15)

Устанавливают количество планетарных рядов, тормозов и муфт основной коробки и дополнительного редуктора и их связи.

При этом базовую коробку, входящую в основную коробку планетарной коробки передач, формируют, повторяя действия, описанные в примере 1.

Базовая коробка обеспечивает получение трех смежных понижающих передач. Для получения в основной коробке четвертой понижающей передачи к базовой коробке присоединяют четвертый планетарный ряд с тормозом. При этом два из трех звеньев четвертого планетарного ряда 4 соединяют соответственно с полым валом базовой коробки 9 и водилом третьего планетарного ряда 33, а третье звено четвертого планетарного ряда 4 связывают с четвертым тормозом 40. Основную коробку выполняют с дополнительной понижающей передачей. Конкретную схему расположения ее планетарных рядов выбирают на последующих этапах.

Для получения прямой передачи в основной коробке предусматривают установку муфты 14, кинематически связывающей два любых подвижных основных звена основной коробки, например входной 7 и выходной 8 валы основной коробки.

Структуру дополнительного редуктора выбирают в виде двух планетарных рядов 5 и 6 (см., например, вариант №5 [6], с.237), которые показаны на фиг. 14. Для получения передачи прямого хода используется планетарный ряд 5 с затормаживаемым вторым центральным колесом 52, для передачи заднего хода используют планетарный ряд 6 с парными сателлитами и затормаживаемым вторым центральным колесом 62. На передаче переднего хода включают тормоз 50, заднего - тормоз 60. Для получения прямой передачи предусматривают установку муфты 64.

Выбор вариантов установки муфт в основной коробке и дополнительном редукторе осуществляют на заключительных этапах получения планетарной коробки передач с учетом взаимного расположения основной коробки и дополнительного редуктора.

Затем определяют предварительные значения передаточных отношений каждого из трех планетарных рядов 1, 2, 3 базовой коробки, входящей в основную коробку планетарной коробки передач, повторяя действия, описанные в примере 1.

Получают предварительные значения передаточных отношений трех планетарных рядов 1, 2, 3 основной коробки: $u_{D1}=-3,030$; $u_{D2}=-3,099$; $u_{D3}=-3,303$.

Для четвертого планетарного ряда 4 основной коробки предварительно определяют отношение крутящего момента на его втором звене, присоединенном к водилу третьего планетарного ряда базовой коробки, к крутящему моменту на его первом звене, присоединенном к полуму валу базовой коробки. Для этого используют формулу (6) и получают отношение $i_{ba4}=-3,144$.

Такое соотношение может быть реализовано, например, следующими двумя способами. Во-первых, простым планетарным рядом, имеющим передаточное отношение $u_{D4}=-2,144$, при этом соотношение моментов на водиле и первом центральном колесе составит $i_{ba4}=-3,144$. Во-вторых, планетарным рядом с парными сателлитами, имеющим требуемое соотношение i_{ba4} на втором и первом центральных колесах.

Далее рассматривается случай, при котором по величине i_{ba4} выбирают простой планетарный ряд; его первым звеном, соединенным с базовой коробкой, принимают первое центральное колесо 41, вторым звеном, соединенным с базовой коробкой - водило 43, а третьим звеном, связанным с тормозом - второе центральное колесо 42 (фиг. 8).

Определяют предварительные значения передаточных отношений планетарных рядов дополнительного редуктора. При этом для получения передачи переднего хода используют простой планетарный ряд 5 с тормозом 50, обеспечивая при его включении понижающую передачу (фиг. 14). При передаточном числе дополнительного редуктора $u_{B1}=4,16$ получают по формуле (7) предварительное передаточное отношение первого планетарного ряда $u_{DBF}=-3,16$.

Для получения передачи заднего хода используют планетарный ряд 6 с парными сателлитами и тормозом 60, обеспечивая при его включении реверсивную передачу (фиг. 14). С учетом табл. 5, приняв граничное значение передаточного числа заднего хода $u_{DBR}=-2,70$, получают по формуле (7) предварительное передаточное отношения планетарного ряда с парными сателлитами в пределах $u_{DBR}=3,70$.

Проводят унификацию передаточных отношений планетарных рядов в основной коробке и дополнительном редукторе.

При унификации передаточных отношений планетарных рядов основной коробки, повторяя действия, описанные в примере 1, для передаточных отношений выбранных планетарных рядов 1, 2, 3 принимают унифицированное передаточное отношение планетарного ряда $u_D=-3,144$.

Унификацию передаточных отношений планетарных рядов дополнительного редуктора, учитывая передаточные отношения планетарных рядов $u_{DBF}=-3,16$ (планетарный ряд 5) и $u_{DBR}=3,70$ (планетарный ряд 6), не проводят.

Определяют схему расположения планетарных рядов в основной коробке. С учетом полученных значений передаточных отношений планетарных рядов принимают схему с расположением внутри полового вала 9 базовой коробки выходного вала 8, что обеспечивает компактную конструкцию (фиг. 8).

Определяют схему расположения в планетарной коробке передач основной коробки, дополнительного редуктора и элемента 66, передающего крутящий момент от коробки передач к движителю. При этом основную коробку располагают перед дополнительным редуктором, а элемент 66, передающий крутящий момент от планетарной коробки передач к движителю, устанавливают между основной коробкой и дополнительным редуктором.

Определяют схему расположения планетарных рядов и выходного вала в дополнительном редукторе. Из компоновочных соображений в дополнительном редукторе первым устанавливают простой планетарный ряд 5, вторым - планетарный ряд 6 с парными сателлитами, при этом выходной вал 65 дополнительного редуктора выполняют полым, размещают со стороны его входного вала 44 (фиг. 15).

Устанавливают муфту 14 в основной коробке, кинематически связывая выходной вал 8 основной коробки с ее входным валом 7, при этом располагают муфту 14 основной коробки над ее вторым планетарным рядом 2 базовой коробки, и муфту 64 в дополнительном редукторе, кинематически связывая его входной вал 44 с водилом 63 второго планетарного ряда 6 дополнительного редуктора.

Выходной вал дополнительного редуктора 65, который служит выходным валом планетарной коробки передач, соединяют с элементом 66, передающим крутящий момент от коробки передач к движителю.

В результате получают многоступенчатую планетарную коробку передач, показанную на фиг. 18.

Полученная планетарная коробка передач обладает расширенными функциональными свойствами за счет широкого диапазона передаточных чисел, высокой степенью унификации за счет одинаковых планетарных рядов 1, 2, 3 базовой коробки, высокой компактностью за счет размещения элемента 66, передающего крутящий момент от планетарной коробки передач к движителю, на выходном валу 65 дополнительного редуктора, который выполнен полым и расположен со стороны его входного вала 44.

Таким образом получена планетарная коробка передач (фиг. 18), состоящая из основной коробки и присоединенного к ней дополнительного редуктора, при этом основная коробка содержит входной 7 и выходной валы 8, три тормоза 10, 20, 30, три планетарных ряда 1, 2, 3, содержащих первые центральные колеса 11, 21, 31, установленные на общем валу 9, вторые центральные колеса 12, 22, 32 и водила 13, 23,

33, тормоз 40, муфту 14, связывающую выходной вал 8 с общим валом 9, и планетарный ряд 4, содержащий три основных звена: первое центральное колесо 41, второе центральное колесо 42 и водило 43, причем второе центральное колесо 42 связано с тормозом 40, а два других его основных звена - первое центральное колесо 41 и водило 43 - соединены соответственно с общим валом 9 и с водилом 33, при этом водило 13 соединено со вторым центральным колесом 22 и с выходным валом, водило 23 соединено со вторым центральным колесом 32, второе центральное колесо 12 соединено с входным валом 7, тормоза 10, 20, 30 связаны соответственно с водилом 23, водилом 33 и общим валом 9, выполненным полым, в котором расположен выходной вал 8, дополнительный редуктор содержит муфту 64, редуктор, выполненный в виде двух планетарных рядов 5, 6 с двумя тормозами 50, 60, входной вал выполнен в виде входного вала 7 основной коробки, которая установлена перед дополнительным редуктором, а элемент 66, передающий крутящий момент от планетарной коробки передач к двигателю, установлен на выходном валу 65 дополнительного редуктора, служащим выходным валом планетарной коробки передач, при этом выходной вал 65 выполнен полым и расположен со стороны входного вала 44 дополнительного редуктора.

Приведенные примеры поясняют предлагаемый способ, но не исчерпывают его возможности в рамках заявляемых существенных признаков по получению планетарной коробки передач, содержащей основную коробку и дополнительный редуктор.

Основная коробка, входящая в планетарную коробку передач, имеет следующие особенности.

Она содержит базовую коробку, включающую входной 7 и выходной валы 8, три тормоза 10, 20, 30, три планетарных ряда 1, 2, 3, содержащих первые центральные колеса 11, 21, 31, установленные на общем валу 9, вторые центральные колеса 12, 22, 32 и водила 13, 23, 33, тормоз 40, муфту 14, связывающую выходной вал 8 с входным валом 7 или с общим валом 9, и планетарный ряд 4, содержащий три основных звена: первое центральное колесо 41, второе центральное колесо 42 и водило 43, причем одно из его основных звеньев связано с тормозом 40, а два других его основных звена соединены соответственно с общим валом 9 и с водилом 33, при этом водило 13 соединено со вторым центральным колесом 22 и с выходным валом, водило 23 соединено со вторым центральным колесом 32, второе центральное колесо 12 соединено с входным валом 7, тормоза 10, 20, 30 связаны соответственно с водилом 23, водилом 33 и общим валом 9, выполненным полым.

Четвертый планетарный ряд в зависимости от передаточных чисел основной коробки имеет различное исполнение.

При наличии в основной коробке дополнительной непрямой передачи, например понижающей, повышающей или реверсивной, основная коробка содержит четвертый планетарный ряд 4, связанный с тормозом 40, включением которого образуется указанная непрямая передача, причем четвертый планетарный ряд 4 основной коробки содержит три основных звена, из которых первое основное звено соединено с полым валом 9 базовой коробки, второе основное звено 42 соединено с водилом 33 третьего планетарного ряда 3 базовой коробки, третье основное звено 43 связано с тормозом 40.

В случае получения дополнительной понижающей передачи в основной коробке ее четвертый планетарный ряд 4 содержит первое основное звено, выполненное в виде первого центрального колеса 41, а второе основное звено - в виде водила 43 (фиг. 8). Такая конструкция повышает тяговые свойства машины.

В случае получения дополнительной повышающей передачи в основной коробке ее четвертый планетарный ряд 4 содержит первое основное звено, выполненное в виде второго центрального колеса 42, а второе основное звено - в виде водила 43 (фиг. 9), при этом четвертый планетарный ряд 4 имеет передаточное $u_{D4} = -3,144$ (табл. 1), которое унифицировано с передаточными отношениями трех планетарных рядов (1, 2, 3) базовой коробки. Такая конструкция обеспечивает высокую унификацию планетарной коробки передач и повышает скоростные свойства машины.

Во втором случае получения дополнительной понижающей передачи в основной коробке ее четвертый планетарный ряд 4 содержит первое основное звено, выполненное в виде первого центрального колеса 41, второе основное звено - в виде водила 43, а планетарный ряд выполнен с положительным передаточным отношением (фиг. 10), при этом оно имеет значение $u_{D4} = 3,144$ (табл. 1). Такая конструкция обеспечивает высокую компактность планетарной коробки передач и повышает эффективность работы машины.

В случае получения дополнительной реверсивной передачи или понижающей передачи в основной коробке ее четвертый планетарный ряд 4 содержит первое основное звено, выполненное в виде первого центрального колеса 41, второе основное звено 42 - в виде второго центрального колеса, а планетарный ряд выполнен с положительным передаточным отношением (фиг. 17), которое в случае реверсивной передачи равно $u_{D4} = 2,106$ (табл. 1), а в случае понижающей передачи по абсолютной величине ($u_{D4} = 3,144$) совпадает с передаточным отношением трех планетарных рядов 1, 2, 3 базовой коробки (табл. 1). Такая конструкция расширяет функциональные свойства коробки передач и машины в целом.

В рассмотренных случаях исполнения основной коробки при $u_{D1} = u_{D2} = u_{D3} = -3,144$, что обеспечивает высокую унификацию и ремонтпригодность основной коробки. Ее передаточные числа на передачах сведены в табл. 1

В рассмотренных случаях исполнения базовой коробки используются три схемы расположения ее

планетарных рядов.

Согласно первой схеме расположения планетарных рядов (фиг. 2) на полом валу 9 базовой коробки первым установлено первое центральное колесо 11 ее первого планетарного ряда 1, а внутри его размещен выходной вал 8 основной коробки. Это обеспечивает компактность конструкции основной коробки.

Согласно второй схеме расположения планетарных рядов на полом валу 9 базовой коробки первым установлено первое центральное колесо 31 ее третьего планетарного ряда 3 базовой коробки, а внутри его размещен входной вал 7 основной коробки (фиг. 3). Это расширяет компоновочные возможности конструкции основной коробки при высоких значениях по абсолютной величине передаточных отношений ее планетарных рядов.

Согласно третьей схеме расположения планетарных рядов на полом валу 9 базовой коробки первым установлено первое центральное колесо 11 ее первого планетарного ряда 1 базовой коробки, а внутри его размещен вал 15 основной коробки, соединяющий водило 13 первого планетарного ряда 1 и второе центральное колесо 22 второго планетарного ряда 2 (фиг. 4). Это расширяет компоновочные возможности конструкции основной коробки при средних значениях по абсолютной величине передаточных отношений ее планетарных рядов.

При наличии в основной коробке дополнительной прямой передачи ее два любых звена связаны муфтой 14, например, выходной вал 8 основной коробки кинематически связан муфтой с входным валом 7 или с полым валом базовой 9 коробки. В частном случае исполнения входной 7 и выходной 8 валы кинематически связаны муфтой 14 соответственно через второе центральное колесо 12 первого планетарного ряда 1 базовой коробки и второе центральное колесо 22 второго планетарного ряда 2, соединенного с водилом 13 первого планетарного ряда 1 базовой коробки, а муфта 14 расположена над вторым планетарным рядом 2 базовой коробки. Это обеспечивает компактную конструкцию основной коробки передач.

В зависимости от передаточных чисел основной коробки муфта 14 может быть установлена в основной коробке при наличии четвертого планетарного ряда 4 и без него.

Дополнительный редуктор, входящий в планетарную коробку передач, имеет следующие особенности.

Он формирует общий диапазон передаточных чисел планетарной коробки передач. При этом дополнительный редуктор содержит входной 44 и выходной 65 валы, первый планетарный ряд 5, включающий первое центральное колесо 51, которое соединено с входным валом 44 дополнительного редуктора, водило 53, которое соединено с выходным валом дополнительного редуктора, и второе центральное колесо 52, связанное с тормозом 50, второй планетарный ряд 6 и/или муфту 64, причем второй планетарный ряд 6 содержит три основных звена, каждое из которых выполнено в виде первого центрального колеса, второго центрального колеса или водила, при этом его первое основное звено выполнено в виде первого центрального колеса 61 и соединено с первым центральным колесом 51 первого планетарного ряда 5 дополнительного редуктора, второе основное звено соединено с одним из звеньев первого планетарного ряда 5 дополнительного редуктора, третье основное звено связано с тормозом 60, а входной вал 44 дополнительного редуктора кинематически связан муфтой с его выходным валом 65 или с водилом 63 второго планетарного ряда 6 дополнительного редуктора.

Дополнительный редуктор в зависимости от его передаточных чисел имеет различное исполнение.

На фиг. 16 представлен дополнительный редуктор в исполнении с одним планетарным рядом 5 и муфтой 64, при этом он обеспечивает передачу переднего хода и прямую передачу.

При наличии в дополнительном редукторе реверсивной передачи второй планетарный ряд 6 дополнительного редуктора в первом случае исполнения (фиг. 13) содержит второе основное звено, выполненное в виде второго центрального колеса 62, а третье основное звено - в виде водила 63, связанного с тормозом 60. Это обеспечивает простую и надежную конструкцию.

При наличии в дополнительном редукторе реверсивной передачи второй планетарный ряд 6 дополнительного редуктора во втором случае исполнения (фиг. 14) содержит второе основное звено, выполненное в виде водила 63, третье основное звено - в виде второго центрального колеса 62, связанного с тормозом 60, а планетарный ряд 6 выполнен с положительным передаточным отношением. Это обеспечивает компактную конструкцию.

Во всех случаях исполнения дополнительный редуктор может иметь муфту 64 для получения прямой передачи.

Планетарная коробка передач, содержащая основную коробку и дополнительный редуктор, полученная заявляемым способом, может иметь различное расположение основной коробки и дополнительного редуктора.

В частном случае исполнения планетарной коробки передач (см., например, фиг. 17) ее входной вал выполнен в виде входного вала 44 дополнительного редуктора, установленного перед основной коробкой, на выходном валу которой 8, служащем выходным валом планетарной коробки передач, установлен элемент 66, передающий крутящий момент от планетарной коробки передач к движителю. Это обеспечивает равномерное распределение нагруженности между планетарными валами дополнительного редуктора и основной коробки и тем самым высокую надежность и компактность конструкции.

В другом частном случае исполнения планетарной коробки передач (см., например, фиг. 18) ее

входной вал выполнен в виде входного вала 7 основной коробки, которая установлена перед дополнительным редуктором, а элемент 66, передающий крутящий момент от планетарной коробки передач к движителю, установлен на выходном валу 65 дополнительного редуктора, служащем выходным валом планетарной коробки передач. Это позволяет уменьшить габариты основной коробки и планетарной коробки передач в целом.

Кроме того, в частном случае исполнения в дополнительном редукторе выходной вал 65 выполнен полым и расположен со стороны его входного вала 44. Это позволяет выполнить компактным блок "планетарная коробка передач - узел распределения мощности между передними и задними ведущими колесами" за счет того, что элемент 66, передающий крутящий момент от планетарной коробки передач к движителю, установлен на полом выходном валу 65 дополнительного редуктора между основной коробкой и дополнительным редуктором.

Планетарная коробка передач работает следующим образом. За счет попеременного включения одного из элементов управления в каждом ее модуле - основной коробке и дополнительном редукторе - реализуется определенная передача и устанавливается определенное соотношение между угловыми скоростями входного и выходного валов в этих модулях и тем самым входного и выходного валов планетарной коробки передач. Работа планетарной коробки определяется рабочими процессами в основной коробке и дополнительном редукторе.

Основная коробка работает следующим образом. В зависимости от конструктивного исполнения основная коробка реализует 4 или 5 режимов работы (передач), получаемых при включении одного из ее элементов управления.

При включении муфты 14 (фиг. 12, 17, 18) основная коробка блокируется, образуется прямая передача, крутящий момент передается от входного вала 7 к выходному валу 8 основной коробки.

При включении одного из тормозов 10, 20, 30, 40 в основной коробке образуются различные силовые схемы, обеспечивающие получение передач с различными передаточными числами.

При включении тормоза 30 (фиг. 1-12, 17, 18) затормаживается первое центральное колесо 11 первого планетарного ряда 1 базовой коробки. Работает и преобразует крутящий момент планетарный ряд 1. Угловая скорость выходного вала 8 основной коробки равна угловой скорости водила 13 планетарного ряда 1; ее величина определяется передаточным отношением первого планетарного ряда 1.

При включении тормоза 10 (фиг. 1-12, 17, 18) затормаживается водило 23 второго планетарного ряда 2 базовой коробки. Образуется силовая схема из планетарных рядов 1 и 2, в которой преобразуется входной крутящий момент, подводимый к входному валу 7. Преобразованный крутящий момент отводится от выходного вала 8 основной коробки. В отличие от предыдущего режима угловая скорость выходного вала 9 базовой коробки не равна нулю. Угловая скорость выходного вала 8 определяется передаточными отношениями планетарных рядов 1 и 2 с учетом того, что угловые скорости их первых центральных колес 11 и 21 равны между собой, а угловая скорость второго центрального колеса 22 второго планетарного ряда 2, соединенного с водилом 13 первого планетарного ряда 1, связана с угловой скоростью первого центрального колеса 21 планетарного ряда 2 его передаточным отношением, так как водило 23 этого планетарного ряда заторможено.

При включении тормоза 20 (фиг. 1-12, 17, 18) затормаживается водило 33 третьего планетарного ряда 3 базовой коробки. Образуется силовая схема из планетарных рядов 1, 2 и 3, в которой преобразуется входной крутящий момент, подводимый к входному валу 7. Преобразованный крутящий момент отводится от выходного вала 8 основной коробки. В отличие от предыдущего режима угловая скорость водила 23 планетарного ряда 2 не равна нулю. Угловая скорость выходного вала 8 определяется передаточными отношениями планетарных рядов 1, 2 и 3 с учетом того, что угловые скорости их первых центральных колес 11, 21 и 31 равны между собой, а угловая скорость второго центрального колеса 32 планетарного ряда 3, соединенного с водилом 23 второго планетарного ряда 2, связана с угловой скоростью первого центрального колеса 31 планетарного ряда 3 его передаточным отношением, так как водило 33 этого планетарного ряда заторможено.

При включении тормоза 40 (фиг. 5-11, 17, 18) затормаживается третье звено четвертого планетарного ряда 4 основной коробки. Образуется силовая схема из планетарных рядов 1, 2, 3 и 4, в которой преобразуется входной крутящий момент, подводимый к входному валу 7. Преобразованный крутящий момент отводится от выходного вала 8 основной коробки. В отличие от предыдущего режима угловая скорость водила 33 планетарного ряда 3 не равна нулю. Угловая скорость выходного вала 8 определяется передаточными отношениями планетарных рядов 1, 2, 3 и 4 с учетом того, что угловые скорости первых центральных колес 11, 21 и 31 планетарных рядов 1, 2, 3 и угловая скорость первого звена планетарного ряда 4, соединенного с полым валом 9, равны между собой, а угловая скорость первого звена планетарного ряда 4 связана с угловой скоростью его второго звена передаточным отношением от первого звена ко второму при остановленном третьем звене этого планетарного ряда, так как третье звено планетарного ряда 4 заторможено.

В частных случаях исполнения основной коробки, показанных на фиг. 8 и 18, первым, вторым и третьим звеньями планетарного ряда 4 являются соответственно первое центральное колесо 41, водило 43 и второе центральное колесо 42. В частном случае исполнения основной коробки, показанном на фиг. 9, пер-

вым, вторым и третьим звеньями планетарного ряда 4 являются соответственно второе центральное колесо 42, водило 43 и первое центральное колесо 41. В частном случае исполнения основной коробки, показанном на фиг. 10, первым, вторым и третьим звеньями планетарного ряда 4 являются соответственно первое центральное колесо 41, водило 43 и второе центральное колесо 42, при этом планетарный ряд 4 имеет положительное передаточное отношение. В частном случае исполнения основной коробки, показанном на фиг. 17, первым, вторым и третьим звеньями планетарного ряда 4 являются соответственно первое центральное колесо 41, второе центральное колесо 42 и водило 43, при этом планетарный ряд 4 имеет положительное передаточное отношение.

Дополнительный редуктор работает следующим образом. При включении тормоза 50 (фиг. 13-18) затормаживается второе центральное колесо планетарного ряда 5. Крутящий момент, подводимый к входному валу 44 дополнительного редуктора преобразуется в планетарном ряду 5 и снимается с водила 53 этого ряда, которое соединено с выходным валом 65 дополнительного редуктора, тем самым в дополнительном редукторе реализуется передача переднего хода.

При включении муфты 64 (фиг. 16, 17, 18) дополнительный редуктор блокируется, образуется прямая передача, крутящий момент передается от входного вала 44 к выходному валу 65 дополнительного редуктора.

При включении тормоза 60 (фиг. 13-18) затормаживается одно из основных звеньев планетарного ряда 6. В зависимости от конструктивного исполнения планетарного ряда 6 дополнительного редуктора таким звеном является водило 63 (фиг. 13) либо второе центральное колесо 62 (фиг. 14, 15, 18). Крутящий момент, подводимый к входному валу 44 дополнительного редуктора, который соединен с первым центральным колесом 61 планетарного ряда 6, преобразуется в планетарном ряду 6 и снимается со второго подвижного этого ряда (второе центральное колесо 62 на фиг. 13 или водило 63 на фиг. 14, 15, 18 планетарного ряда 6), соединенного с выходным валом 65 дополнительного редуктора, тем самым в дополнительном редукторе реализуется передача заднего хода.

В различных случаях исполнения планетарная коробка передач, полученная заявленным способом, обеспечивает от 8 режимов, например 4 передачи переднего хода и 4 передачи заднего хода, до 15 режимов работы, например 10 передач переднего хода и 5 передач заднего хода.

Заявленный способ позволяет получать унифицированное семейство планетарных коробок передач, удовлетворяющих широкому спектру технических требований.

1. Цитович И.С., Альгин В.Б., Гришкевич В.В. Планетарные коробки передач автомобилей и тракторов. - Минск: Наука и техника, 1987. - 224 с.

2. Патент US №8083631, опубликован 27.12.2011.

3. Патент US №4346623, опубликован 31.08.1982.

4. Патент РФ 2592960, опубликован 20.07.2016, бюл. №20.

5. Патент РФ 2608896, опубликован 26.01.2017, бюл. №3.

6. Крайнев А.Ф. Словарь-справочник по механизмам. - М.: Машиностроение, 1981. - 438 с.

7. Планетарные передачи. Справочник. Под ред. В.Н. Кудрявцева, Ю.Н. Кирдяшева. - М.: Машиностроение, 1977. - 535 с.

8. Альгин В.Б. Расчет мобильной техники: кинематика, динамика, ресурс. - Минск: Беларус. навука, 2014. - 271 с. - ISBN 978-985-08-1653-5.

9. Гришкевич А.И. Автомобили: Теория: Учебник для вузов. - Минск: Выш. шк. - 1986. - 208 с.

10. Проектирование трансмиссий автомобилей: Справочник/Под общ. ред. Гришкевича А.И. - М.: Машиностроение, 1984. - 272 с.

Список обозначений:

1 - первый планетарный ряд основной коробки;

2 - второй планетарный ряд основной коробки;

3 - третий планетарный ряд основной коробки;

4 - четвертый планетарный ряд основной коробки;

5 - первый планетарный ряд дополнительного редуктора;

6 - второй планетарный ряд дополнительного редуктора;

7 - входной вал основной коробки;

8 - выходной вал основной коробки;

9 - полый вал базовой коробки;

10 - первый тормоз основной коробки;

11 - первое центральное колесо первого планетарного ряда базовой коробки основной коробки;

12 - второе центральное колесо первого планетарного ряда базовой коробки основной коробки;

13 - водило первого планетарного ряда базовой коробки основной коробки;

14 - муфта основной коробки;

15 - вал основной коробки, соединяющий водило первого планетарного ряда и второе центральное колесо второго планетарного ряда;

20 - второй тормоз основной коробки;

21 - первое центральное колесо второго планетарного ряда базовой коробки;

- 22 - второе центральное колесо второго планетарного ряда базовой коробки;
- 23 - водило второго планетарного ряда базовой коробки;
- 30 - третий тормоз основной коробки;
- 31 - первое центральное колесо третьего планетарного ряда базовой коробки;
- 32 - второе центральное колесо третьего планетарного ряда базовой коробки;
- 33 - водило третьего планетарного ряда базовой коробки;
- 40 - четвертый тормоз основной коробки;
- 41 - первое центральное колесо четвертого планетарного ряда основной коробки;
- 42 - второе центральное колесо четвертого планетарного ряда основной коробки;
- 43 - водило четвертого планетарного ряда основной коробки;
- 44 - входной вал дополнительного редуктора;
- 50 - первый тормоз дополнительной коробки;
- 51 - первое центральное колесо первого планетарного ряда дополнительного редуктора;
- 52 - второе центральное колесо первого планетарного ряда дополнительного редуктора;
- 53 - водило первого планетарного ряда дополнительного редуктора;
- 60 - второй тормоз дополнительной коробки;
- 61 - первое центральное колесо второго планетарного ряда дополнительного редуктора;
- 62 - второе центральное колесо второго планетарного ряда дополнительного редуктора;
- 63 - водило второго планетарного ряда дополнительного редуктора;
- 64 - муфта дополнительного редуктора;
- 65 - выходной вал дополнительного редуктора;
- 66 - элемент, передающий крутящий момент от планетарной коробки передач к движителю.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Основная коробка планетарной коробки передач, содержащая базовую коробку, включающую входной (7) и выходной валы (8), три тормоза (10, 20, 30), три планетарных ряда (1, 2, 3), содержащих первые центральные колеса (11, 21, 31), установленные на общем валу (9), вторые центральные колеса (12, 22, 32) и водила (13, 23, 33), тормоз (40), муфту (14), связывающую выходной вал (8) с входным валом (7) или с общим валом (9), и планетарный ряд (4), содержащий три основных звена: первое центральное колесо (41), второе центральное колесо (42) и водило (43), причем одно из его основных звеньев связано с тормозом (40), а два других его основных звена соединены соответственно с общим валом (9) и с водилом (33), при этом водило (13) соединено со вторым центральным колесом (22) и с выходным валом, водило (23) соединено со вторым центральным колесом (32), второе центральное колесо (12) соединено с входным валом (7), тормоза (10, 20, 30) связаны соответственно с водилом (23), водилом (33) и общим валом (9), выполненным полым.

2. Планетарная коробка передач, содержащая основную коробку по п.1 и дополнительный редуктор, включающий муфту (64), редуктор, выполненный в виде планетарного ряда (5) с тормозом (50), либо редуктор-реверс, выполненный в виде двух планетарных рядов (5, 6) с двумя тормозами (50, 60), и элемент (66), передающий крутящий момент от планетарной коробки передач к движителю.

3. Планетарная коробка передач по п.2, отличающаяся тем, что ее входной вал выполнен в виде входного вала (44) дополнительного редуктора, установленного перед основной коробкой, на выходном валу (8) которой, служащем выходным валом планетарной коробки передач, установлен элемент (66), передающий поток мощности к движителю.

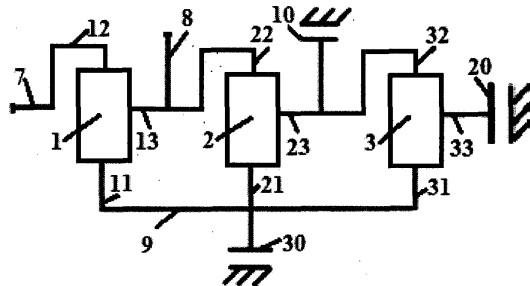
4. Планетарная коробка передач по п.2, отличающаяся тем, что ее входной вал выполнен в виде входного вала (7) основной коробки, которая установлена перед дополнительным редуктором, а элемент (66), передающий крутящий момент от планетарной коробки передач к движителю, установлен на выходном валу (65) дополнительного редуктора, служащем выходным валом планетарной коробки передач.

5. Планетарная коробка передач по п.4, отличающаяся тем, что в дополнительном редукторе выходной вал (65) выполнен полым и расположен со стороны его входного вала.

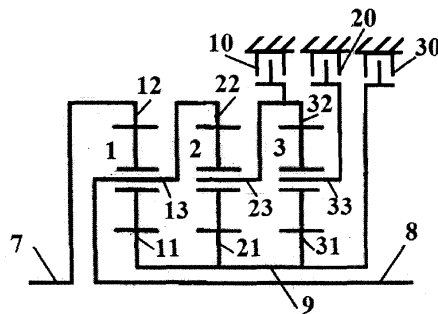
6. Способ получения планетарной коробки передач по любому из пп.2-5, состоящей из основной коробки по п.1 и дополнительного редуктора, при котором выбирают передаточные числа и вариант дополнительного редуктора, по заданным передаточным числам планетарной коробки передач и передаточным числам дополнительного редуктора определяют значения передаточных чисел основной коробки, при этом определяют предварительные значения передаточных отношений каждого из трех планетарных рядов (1, 2, 3), а для планетарного ряда (4) определяют отношение крутящего момента на его основном звене, присоединенном к водилу (33), к крутящему моменту на его основном звене, присоединенном к полному валу (9), по этому отношению выбирают тип планетарного ряда (4) и определяют для каждого из трех его основных звеньев, какое из них является первым центральным колесом (41), вторым центральным колесом (42) и водилом (43), рассчитывают предварительное значение передаточного отношения планетарного ряда (4), проводят операцию унификации передаточных отношений планетарных рядов (1, 2, 3, 4), определяют схему расположения планетарных рядов (1, 2, 3, 4) в основной коробке,

определяют схему расположения в планетарной коробке передач основной коробки, дополнительного редуктора и элемента (6б), передающего крутящий момент от коробки передач к движителю, устанавливают муфту (14), связывая выходной вал (8) с входным валом (7) или с полым валом (9).

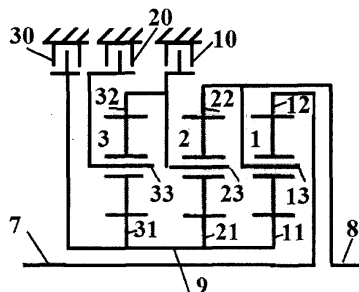
7. Способ получения планетарной коробки передач по п.6, отличающийся тем, что при унификации передаточных отношений планетарных рядов (1, 2, 3, 4) сравнивают по абсолютной величине предварительные значения передаточных отношений планетарных рядов (1, 2, 3, 4) и выбирают планетарные ряды основной коробки, у которых абсолютные величины предварительных значений передаточных отношений имеют отличия не более чем на 10% по отношению к меньшему из них, определяют унифицированное передаточное отношение планетарного ряда, которое получают осреднением значений абсолютных величин предварительных значений передаточных отношений для выбранных планетарных рядов основной коробки, для выбранных планетарных рядов основной коробки устанавливают унифицированное значение передаточного отношения с учетом знаков предварительных значений их передаточных отношений, пересчитывают предварительные значения передаточных чисел основной коробки с учетом унифицированного передаточного отношения планетарного ряда, сравнивают соответствующие передаточные числа основной коробки, полученные при пересчете, и заданные значения передаточных чисел, при расхождении во всех сравниваемых случаях значений передаточных чисел основной коробки, полученных пересчетом, не более чем на 5% с заданными значениями передаточных чисел, для передаточных отношений выбранных планетарных рядов принимают унифицированное передаточное отношение планетарного ряда, при расхождении указанных величин более чем на 5% в качестве передаточных отношений планетарных рядов принимают их предварительно определенные значения.



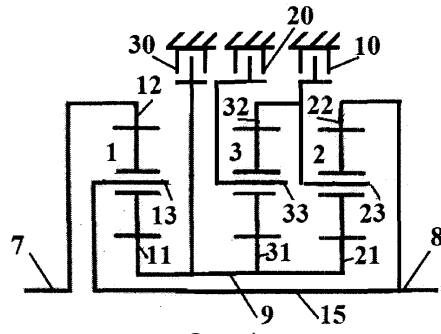
Фиг. 1



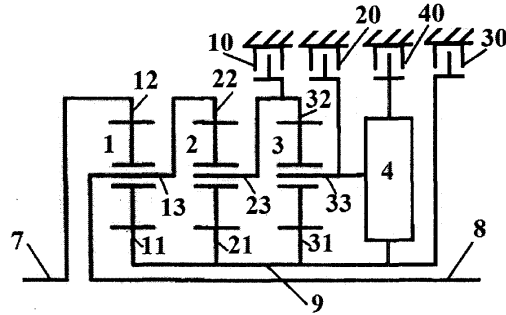
Фиг. 2



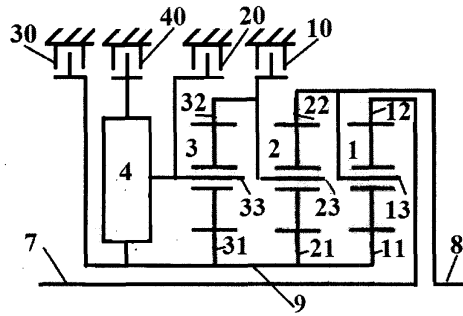
Фиг. 3



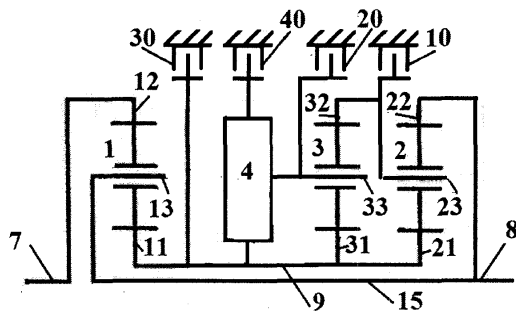
Фиг. 4



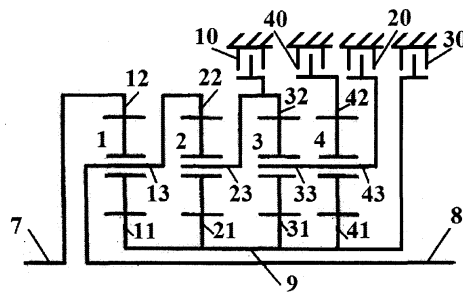
Фиг. 5



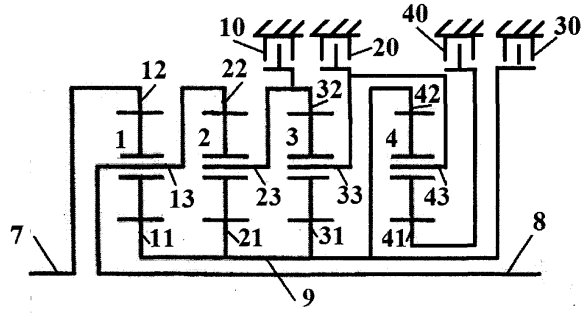
Фиг. 6



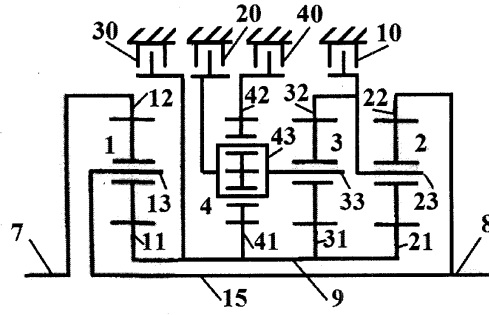
Фиг. 7



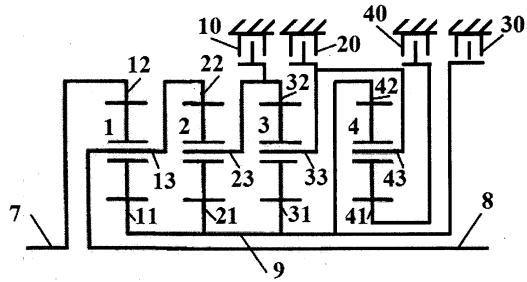
Фиг. 8



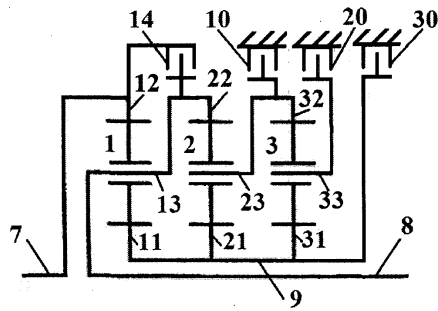
Фиг. 9



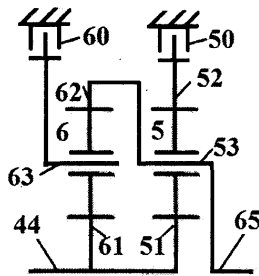
Фиг. 10



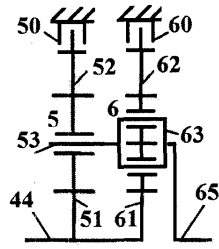
Фиг. 11



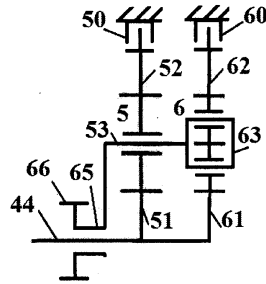
Фиг. 12



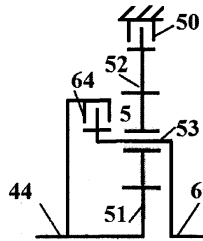
Фиг. 13



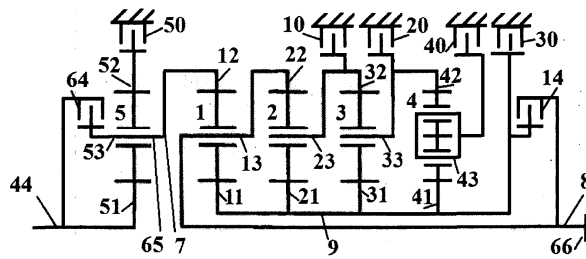
Фиг. 14



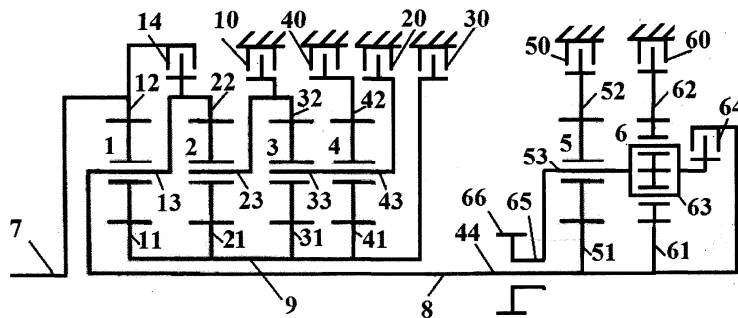
Фиг. 15



Фиг. 16



Фиг. 17



Фиг. 18

