

Система смазки центральных редукторов главных передач

© А.Н. Вержбицкий, М.Г. Лахтюхов

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

В статье рассмотрены основные конструктивные решения, связанные со смазыванием центральных редукторов главных передач. Отмечается, что в центральных редукторах ведущих мостов преимущественно применяется картерная система смазки. Описаны конструктивные решения, обеспечивающие бесперебойную подачу смазки к переднему подшипнику ведущей шестерни в одинарных конических и гипоидных центральных редукторах при движении автомобиля на различных режимах. Особое внимание уделено смазыванию межколесных дифференциалов в ведущих мостах с разнесенными главными передачами. Такие дифференциалы характеризуются повышенными относительными скоростями вращения зубчатых колес. В ведущих мостах с картерной системой смазки широко распространена установка масляных фильтров для очистки масла. В некоторых проходных мостах подачу смазочного материала к межосевому дифференциалу и опорным подшипникам цилиндрической шестерни переходного редуктора производят под давлением. Проанализированы возможные места установки масляных насосов в проходных мостах, оснащенных системами смазки под давлением.

Ключевые слова: смазка, система смазки, смазка погружением, смазка разбрызгиванием, смазка под давлением, насос, фильтр, заедание, черпак, главная передача, дифференциал, межосевой дифференциал, корпус дифференциала, зубчатое зацепление, коническая передача, гипоидная передача, подшипник, конический подшипник, подшипник скольжения.

Введение. Система смазки предназначена для подачи смазки ко всем трущимся деталям главной передачи — зубчатым колесам, подшипникам и шлицевым соединениям — с целью уменьшения трения, охлаждения, защиты от коррозии, предохранения от заеданий и удаления продуктов износа.

Изнашивание боковой поверхности зубьев в основном происходит при сухом и полусухом трении, обусловленном недостаточной несущей способностью масляной пленки, разрывами масляной пленки в местах контакта, отсутствием или временным прекращением поступления смазки, например, при троганиях автомобиля или его остановках. Интенсивный износ зубьев наблюдается при попадании в зацепление вместе со смазкой абразивных частиц, соизмеримых с толщиной масляного слоя. В то же время при надлежащей смазке и надежной изоляции от пыли и грязи, редких пусках и остановках автомобиля износ зубьев колес правильно сконструирован-

ных, изготовленных и собранных быстроходных передач минимально.

Повышенный нагрев элементов главной передачи приводит к снижению ее работоспособности из-за тепловых деформаций, нарушающих зацепление зубчатых колес и посадок деталей, изменяющих зазоры в зацеплении и в подшипниках. Кроме того, повышение температуры сопровождается снижением вязкости масла и, как следствие, уменьшением толщины масляной пленки и возникновением полусухого трения, способствующего появлению заедания. Наконец, при недостаточной смазке и охлаждении температура отдельных точек на поверхности зубьев может превысить температуру отпуска, что приводит к местному уменьшению твердости цементированного слоя и резкому снижению контактной прочности зубьев.

В настоящее время на колесных машинах (КМ) с несколькими ведущими мостами преимущественно распространены главные передачи с центральными одинарными коническими (гипоидными) и двойными цилиндроконическими редукторами соответственно в непроходных и проходных мостах.

В одинарных центральных редукторах необходимо смазывать:

- зацепление пары конических (гипоидных) зубчатых колес;
- подшипники ведущей конической (гипоидной) шестерни;
- подшипники ведомого конического (гипоидного) колеса, установленного на корпусе межколесного дифференциала;
- межколесный дифференциал (зубчатые колеса и их подшипники);
- детали механизма блокировки межколесного дифференциала.

В проходных центральных цилиндроконических редукторах, кроме того, смазывают:

- зацепление пары цилиндрических зубчатых колес переходного редуктора;
- подшипники ведущей цилиндрической шестерни переходного редуктора;
- подшипники ведущего и выходного валов проходного центрального редуктора;
- межосевой дифференциал (зубчатые колеса и их подшипники);
- детали механизма блокировки межосевого дифференциала.

Смазывание одинарных центральных редукторов. В главных передачах в основном применяют картерную систему смазки, при которой одно или несколько зубчатых колес погружают в ванну с жидкой смазкой. Остальные детали главных передач смазывают либо взвесью частиц масла в воздухе, образующейся при разбрызгивании и покрывающей поверхности всех деталей внутри картера, либо потоком масла, циркулирующим по системе литых или сверленных ка-

налов в картере, стаканах и крышках. В последнем случае для сбора масла, забрасываемого и стекающего по стенкам картерных деталей, предусмотрены специальные карманы и лотки.

При вращении ведомого зубчатого колеса происходит смачивание его поверхностей, погружаемых в масляную ванну. При выходе из масляной ванны ранее смоченные поверхности ведомого зубчатого колеса покрыты масляной пленкой, которая затем под действием центробежных сил разбрызгивается внутри картера. При этом большая часть масла отбрасывается к внутренним стенкам картера главной передачи, расположенным преимущественно в плоскости вращения ведомого зубчатого колеса. Однако образующейся взвеси частиц масла в воздухе оказывается вполне достаточно для смазывания находящихся в картере подшипников дифференциала.

Погружением смазывают прежде всего ведомое коническое колесо, как правило, имеющее большие размеры по сравнению с ведущим. В двойных разнесенных главных передачах передаточное число центрального редуктора невелико ($u_{\text{центр}} \approx 1-2,5$), поэтому в ряде случаев венец ведущей шестерни также окунают в масляную ванну.

Смазывание подшипников ведущей шестерни происходит следующим образом. В передней части (стенке) картера главной передачи или в стакане подшипников ведущей шестерни выполняют окно, в которое забрасывается масло с венца ведомого колеса (рис. 1). Размеры окна и его расположение выбирают такими, чтобы любая пара конических зубчатых колес, различающаяся передаточными числами и соответственно размерами и расположением ведомого колеса вдоль оси межколесного дифференциала, осуществляла заброс масла в это окно. Затем масло по подводящему каналу 1 поступает в пространство между двумя подшипниками ведущей шестерни. Конические подшипники обладают насосным действием — центробежные силы прокачивают масло от вершины конуса к его основанию. Соответственно передний подшипник, расположенный вблизи фланца карданной передачи, гонит масло к уплотнению, а задний подшипник, установленный у венца ведущей шестерни, — в картер ведущего моста. Для организации циркуляции масла через подшипник и за счет этого уменьшения нагрузки от давления масла на уплотнение, а также снижения вероятности утечек масла через него, между уплотнительной манжетой и наружным кольцом переднего подшипника выполняют окно, через которое масло поступает в отводящий канал 2 и далее возвращается в картер ведущего моста.

Особенностями подобной организации смазки подшипников ведущей шестерни является следующее.

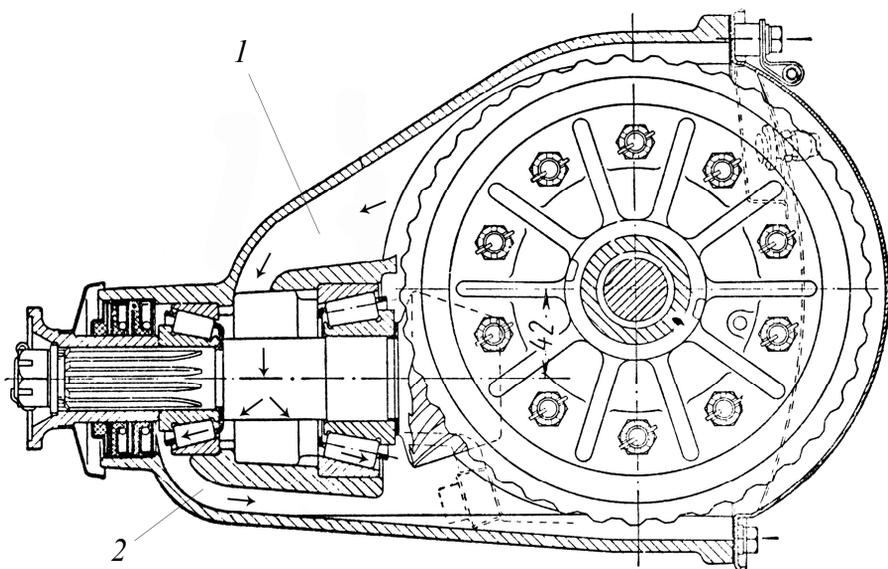


Рис. 1. Схема смазки подшипников ведущей шестерни легкового автомобиля

Во-первых, количество масла, забрасываемого в подводящий канал, зависит от скоростного режима движения КМ. С увеличением скорости движения КМ объем масла, проходящего через подводящий канал, растет. Однако при частотах вращения ведомого зубчатого колеса до 100 об/мин, что соответствует скорости движения 10 км/ч легкового автомобиля и 20 км/ч — грузового, на смачиваемых поверхностях ведомого зубчатого колеса образуется масляная пленка толщиной около 6 мм, и масло практически не отбрасывается на внутреннюю поверхность картера главной передачи [1].

Во-вторых, уровень масла у переднего подшипника ведущей шестерни зависит от скорости движения КМ и угла преодолеваемого подъема. У неподвижной КМ, установленной на ровной горизонтальной площадке, ролики обоих подшипников погружены в масляную ванну. При этом масляная ванна переднего подшипника сообщается с картером ведущего моста как через отводящий канал, так и через зазоры между кольцами и роликами заднего подшипника. Однако при движении КМ вращающееся ведомое колесо как лопастное колесо отгоняет масло из отводящего канала к задней стенке балки моста. Одновременно задний подшипник, действуя как центробежный насос, препятствует поступлению через него масла из картера моста к переднему подшипнику. В результате уровень масла в районе переднего подшипника может понизиться настолько, что его ролики перестанут окунаются в масляную ванну. Падение уровня масла у переднего подшипника также происходит при движении на

подъем, причем тем сильнее, чем больше скорость движения и угол подъема.

Влияние скоростного режима движения КМ на распределение потоков масла между передним и задним подшипниками неоднозначно. Для того чтобы при движении с малыми скоростями обеспечить гарантированное поступление масла в подводящий канал, в главных передачах некоторых КМ, например в главных передачах автомобилей ГАЗ-66 (рис. 2), ЗИЛ-4331, к тыльной стороне ведомого гипоидного колеса прижимают маслосъемник 1, соскребающий с поверхности этого колеса масло и подающий его в подводящий канал 2 [2, 3].

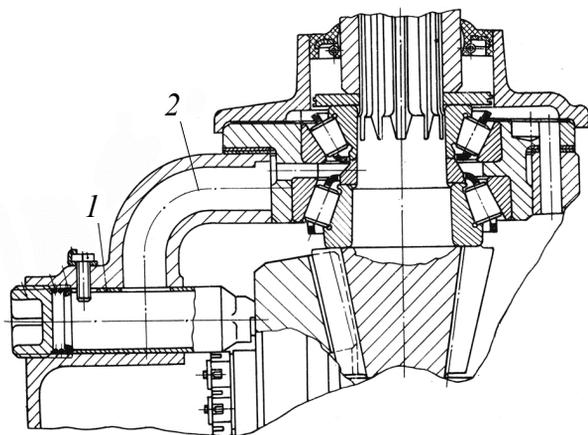


Рис. 2. Схема подачи смазочного материала к подшипникам ведущей шестерни автомобиля ГАЗ-66

Распределение потоков масла между передним и задним подшипниками зависит от соотношения внутренних диаметров наружных колец этих подшипников в свету и формы горловины редуктора. При отсутствии перегородок на внутренней поверхности горловины редуктора или стакана подшипников масло из-за меньшего сопротивления перетеканию преимущественно будет поступать к подшипнику, у которого внутренний диаметр наружного кольца подшипника в свету больше. Как правило, большие размеры имеет задний подшипник, являющийся наиболее нагруженным. Поэтому количество масла, подаваемого к переднему подшипнику, может оказаться недостаточным.

В некоторых главных передачах распределение потоков масла, направляемых к передним и задним подшипниками, осуществляется с помощью перегородок 1 (рис. 3), выполненных в стакане или картере главной передачи под валом-шестерней между двумя подшипниками. При движении по дорогам с пологими подъемами такая пе-

регородка, препятствуя поступлению излишков масла к заднему подшипнику 2, обеспечивает необходимую подачу масла к переднему подшипнику. Однако при преодолении крутых подъемов подача масла к переднему подшипнику может прекратиться.

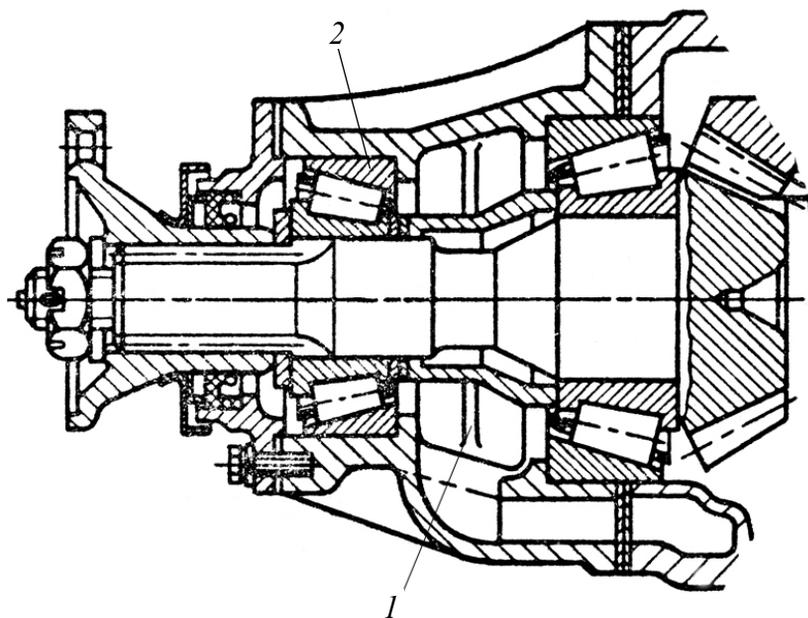


Рис. 3. Главная передача автомобиля ЗИЛ-4331

В разнесенных главных передачах достаточно большое расстояние между обоими подшипниками ведущей шестерни позволяет реализовать последовательную схему смазывания подшипников, когда масло вначале по подводящему каналу 1 подается к переднему подшипнику (рис. 4), а от него с помощью отводящего канала 2 — к заднему. Разделение масляных ванн осуществляется кольцевой перегородкой 3, охватывающей вал-шестерню с небольшим зазором. Разделяющая перегородка может быть выполнена литьем заодно с горловиной редуктора или штамповкой из тонкого листа металла и запрессована в горловину. Подобная схема смазывания подшипников обеспечивает гарантированную подачу масла к обоим подшипникам при движении на любых скоростях и подъемах при условии поступления масла в подводящий канал.

В современном автомобилестроении в дифференциалах в качестве опор всех зубчатых колес на корпус дифференциала и сателлитов на их оси или шипы крестовины широко распространены подшипники скольжения, имеющие по сравнению с подшипниками качения более простую конструкцию, меньшие размеры и стоимость. Такие подшипники при умеренных скоростях скольжения и обиль-

ном смазывании показывают удовлетворительную работоспособность. Одним из наиболее распространенных дефектов, наблюдаемых в эксплуатации, является заедание деталей дифференциала. Как правило, заедание возникает при длительном буксовании и недостаточном смазывании, когда из-за возросших относительных скоростей вращения трущиеся детали перегреваются и схватываются.

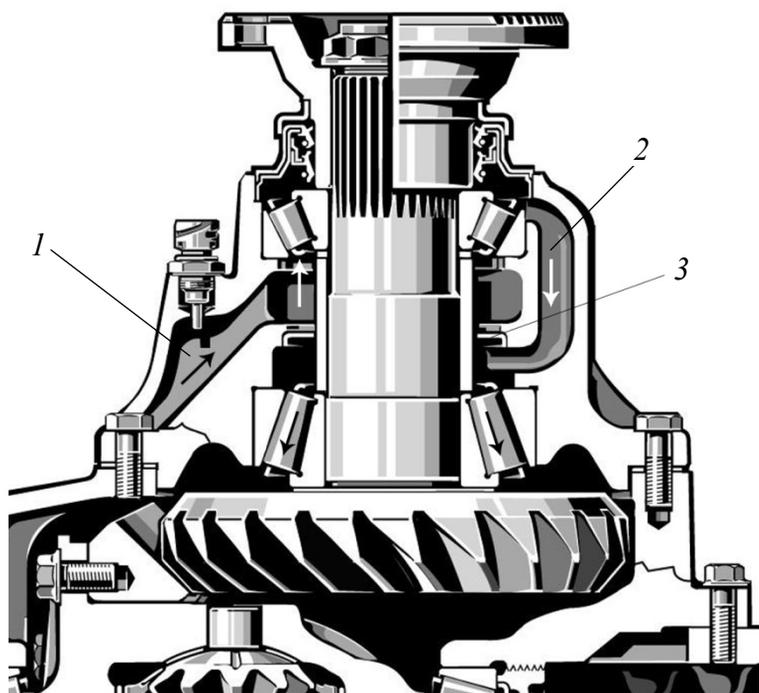


Рис. 4. Схема последовательного смазывания подшипников ведущей шестерни

В межколесных дифференциалах разнесенных главных передач скорости вращения зубчатых колес относительно его корпуса выше, чем в дифференциалах одинарных и двойных центральных главных передач. Поэтому в межколесных дифференциалах разнесенных главных передач износ деталей происходит более интенсивно. В них выше вероятность возникновения заедания. Необходимое условие длительной работы межколесного дифференциала — обильное смазывание его деталей.

В ряде конструкций подача масла в межколесный дифференциал обеспечивается с помощью черпаков 1 (рис. 5), закрепленных на корпусе дифференциала 2 [4]. Принцип действия основан на том, что масло забрасывается внутрь дифференциала за счет динамического напора, создаваемого масляной ванной при окутывании в нее вращающегося вместе с корпусом дифференциала черпака. Масло удаляется через отверстия, выполненные в корпусе дифференциала. Система

смазки является достаточно простой. Можно предположить, что на остановках, когда выпускное отверстие или черпак оказываются снизу, масло вытекает из дифференциала. Из-за чего при последующем трогании КМ с места на повороте или с пробуксовкой одного из колес до того как дифференциал заполнится смазочным материалом в достаточном количестве возможен кратковременный режим работы в условиях дефицита масла.

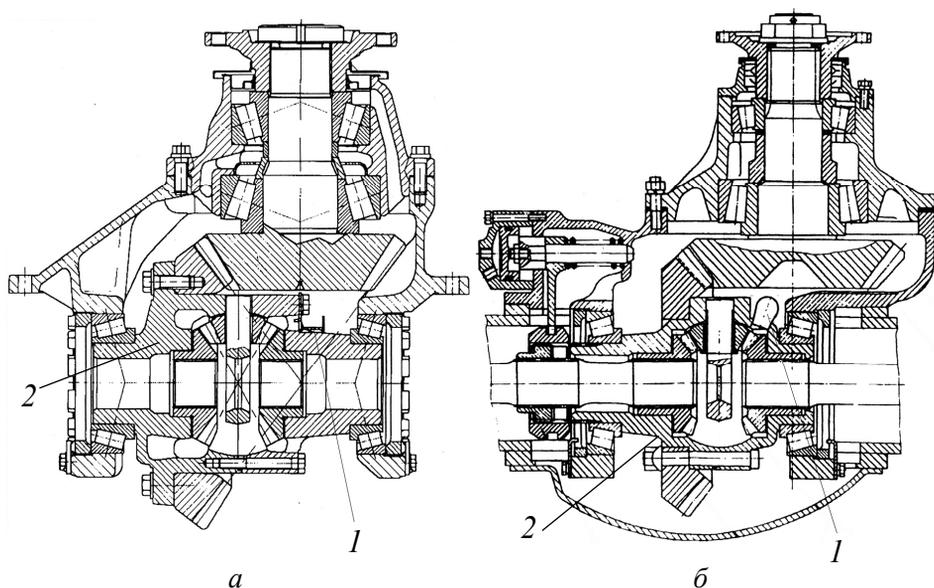


Рис. 5. Одинарные центральные редукторы ведущих мостов с разнесенной главной передачей фирм RABA (а), МАЗ (б)

В ведущих мостах с разнесенной главной передачей фирмы Daimler-Benz (рис. 6) на задней стенке балки имеется желоб 1, в который по стенкам стекает масло, разбрызгиваемое ведомым коническим колесом 2 [5]. Из желоба масло попадает в специальный карман 3, также выполненный на задней стенке балки моста. В мостах первого поколения, балки которых изготавливали ковкой с последующей механической обработкой поковок и их сваркой, желоб и стенки кармана — штамповкой из листового металла и приваривали к балке моста, в мостах второго поколения — литьем вместе с балкой моста. В отверстие, просверленное в стенке кармана, входит полый штифт 4, запрессованный в крышку подшипника дифференциала. Штифт выполняет две функции. Первая связана с ограничением упругих деформаций крышек подшипников и картера главной передачи при передаче зубчатыми колесами крутящего момента и соответственно обеспечением стабильного положения зубчатых колес при работе под нагрузкой. Вторая — с обеспечением подвода масла к межосевому

дифференциалу, для чего в крышке подшипника дифференциала также предусмотрено отверстие 5. Через отверстия в штифте и крышке масло подводится к правому центральному отверстию корпуса межколесного дифференциала по каналу, образованному правой регулировочной гайкой 9 подшипника дифференциала и запрессованным в нее штампованным экраном 7, имеющим внутреннюю и наружную отбортовки. Внутренняя отбортовка 8 экрана с небольшим зазором входит в центральное отверстие корпуса дифференциала. Чтобы исключить вытекание смазки между полуосью и регулировочной гайкой, ее выполняют такой, что внутренний диаметр незначительно превышает наружный диаметр цилиндрического пояса 6 на правой полуоси.

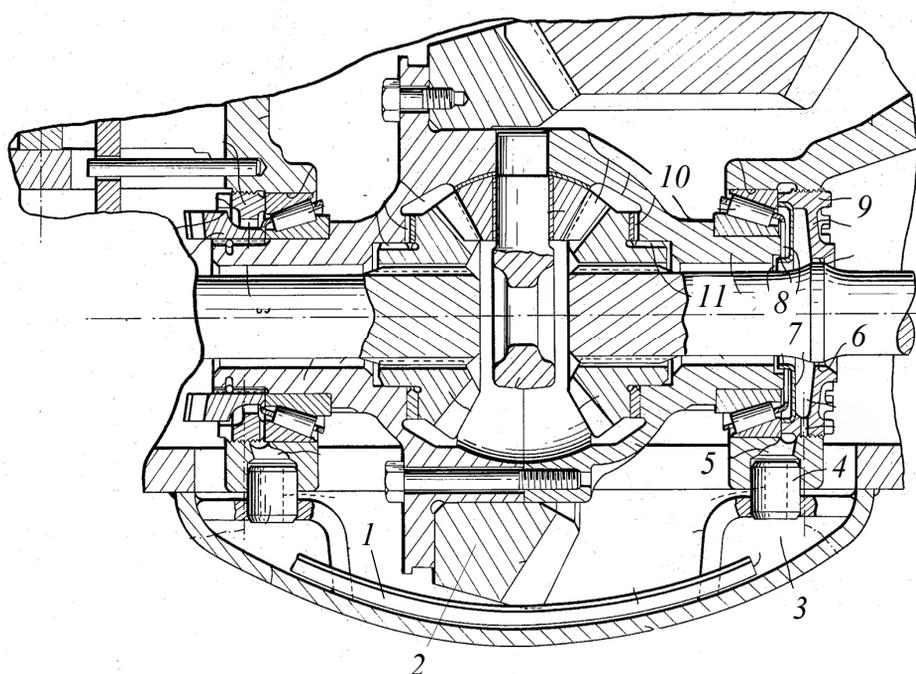


Рис. 6. Межколесный дифференциал ведущего моста с разнесенной главной передачей фирмы Daimler-Benz

Выход масла из межколесного дифференциала осуществляется через левое центральное отверстие корпуса. Для обеспечения беспрепятственного движения масла через дифференциал на полуосевых зубчатых колесах и торцах их опорных шайб выполняют проточки 10 и 11.

При движении КМ масло под действием центробежных сил заполняет пространство между зубчатыми колесами, и масляная ванна принимает кольцевую форму. На остановках масло стекает вниз корпуса дифференциала и некоторая его часть сливается в картер балки

моста. Однако смазочный материал остается внутри дифференциала, что обеспечивает смазывание его деталей при последующем трогании КМ даже после продолжительной стоянки.

На фирме Iveco была усовершенствована рассмотренная выше система смазки [6]. Для улучшения прохождения масла через межколесный дифференциал было предложено выходное центральное отверстие его корпуса выполнять большего диаметра по сравнению с входным центральным отверстием. В таком дифференциале масло движется под действием центробежных сил от меньшего входного отверстия к большему выходному, как по поверхности конического отверстия, выполненного во вращающемся корпусе (рис. 7). Цилиндрический вырез в корпусе соответствует полости дифференциала, в которой располагаются его зубчатые колеса. При этом количество прокачиваемого масла увеличивается с ростом скорости вращения корпуса дифференциала и увеличением разности диаметров его центральных отверстий.

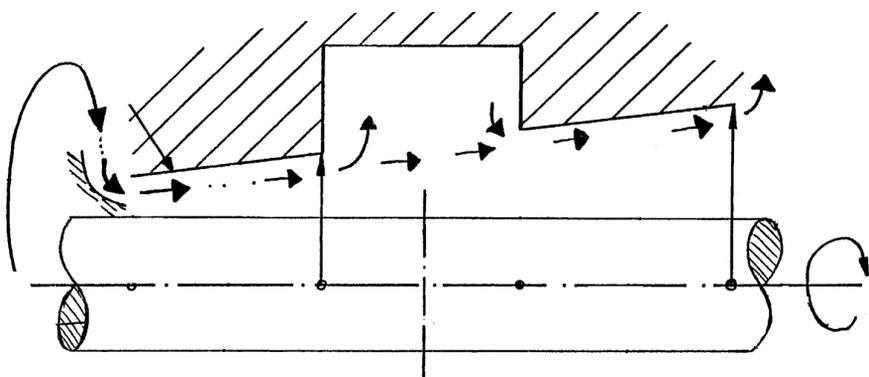


Рис. 7. Схема движения масла через межколесный дифференциал

Отметим, что интенсификация маслообмена также способствует лучшему удалению продуктов износа из дифференциала.

При смазывании разбрызгиванием возможна установка масляного фильтра для очистки масла. Поступление масла в фильтр можно организовать путем сбора оседающей масляной взвеси с помощью лотка или забрасыванием масла в маслоприемник с венца вращающегося зубчатого колеса. Масло через фильтр будет двигаться за счет работы силы тяжести. Установка масляного фильтра позволяет удалять из масла продукты износа. Однако трущиеся пары при этом смазываются неотфильтрованным маслом.

В ведущих мостах, например фирмы Scania, очистка масла осуществляется с помощью масляного фильтра, закрепленного на задней стенке балки моста (рис. 8) [7].

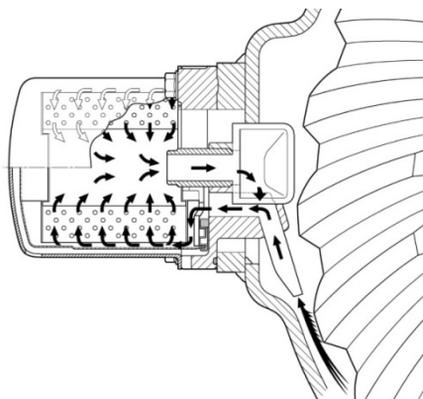


Рис. 8. Схема циркуляции масла через масляный фильтр

При вращении ведомого колеса масло, сбрасываемое с него центробежными силами, попадает в фильтр через маслозаборник, установленный вблизи венца ведомого колеса. Выпускной канал фильтра расположен так, чтобы исключить забрасывание в него масла с венца ведомого колеса (рис. 9).

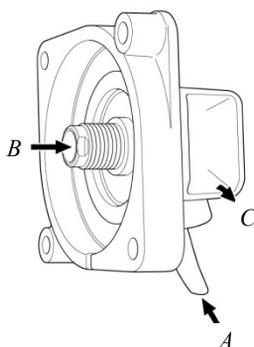


Рис. 9. Схема движения масла в крышке фильтра: к фильтру (A), из фильтра (B), в картер моста (C)

При сборке положение маслозаборника необходимо согласовывать с положением ведомого колеса, зависящего от передаточного отношения конической зубчатой пары центрального редуктора.

В ведущих мостах фирмы MAN масляный фильтр закреплен на внутренней стенке балки моста, что повышает его защищенность от внешних факторов, но одновременно затрудняет его замену в процессе эксплуатации, поскольку для замены фильтра центральный редуктор главной передачи необходимо снять с автомобиля.

Смазывание проходных центральных цилиндрических редукторов. В центральных цилиндрических редукторах коническое (гипоидное) зацепление, подшипники ведущей конической

(гипоидной) шестерни, подшипники ведомого конического (гипоидного) колеса, установленного на корпусе межколесного дифференциала, детали этого дифференциала смазываются так же, как в одинарных центральных редукторах.

В некоторых конструкциях (рис. 10) передний подшипник ведущей конической шестерни смазывается маслом, поступающим по соответствующему каналу из масляной ванны переходного редуктора, задний — маслом, забрасываемым ведомым коническим колесом из картера конического редуктора. Масляные ванны подшипников разделены перегородкой.

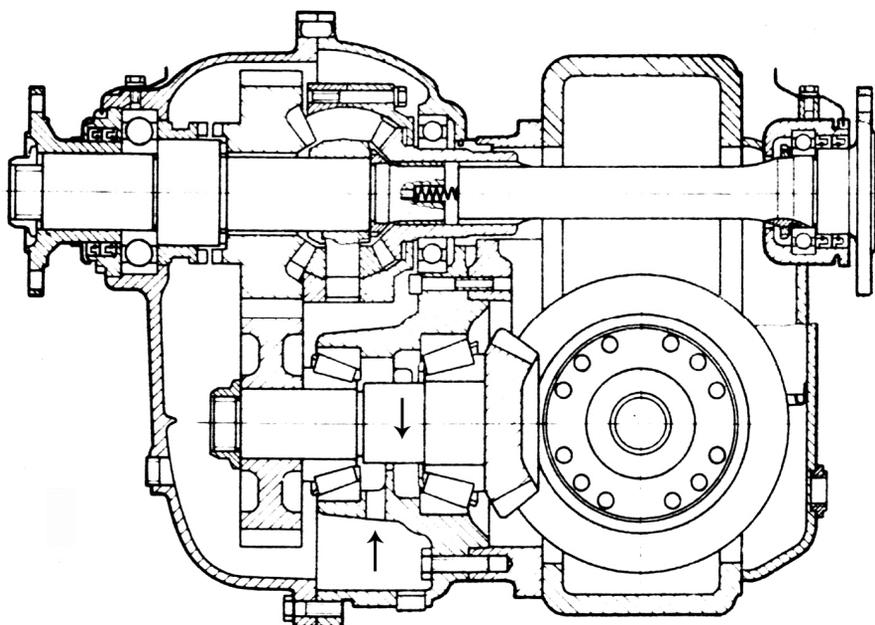


Рис. 10. Схема подачи масла к подшипникам ведущей конической шестерни в проходных моста фирмы MAN первого поколения с разнесенной главной передачей

Цилиндрические зубчатые колеса переходного редуктора имеют достаточно большие размеры, поэтому зубчатый венец ведомого колеса оказывается погруженным в масляную ванну. Соответственно зацепление цилиндрических зубчатых колес смазывается тем маслом, которое смачивает боковые поверхности зубьев ведомого колеса при его окутании в масляную ванну, и масляной взвесью, образующейся при разбрызгивании масла.

Смазывание подшипников ведущего и ведомого валов проходного моста осуществляют разбрызгиванием. Для подачи масла, попадающего на стенки и стекающего по ним к подшипникам, картерные детали снабжены системой каналов, получаемой литьем и сверлени-

ем. К труднодоступным и удаленным подшипникам масло может подаваться по специальным трубкам, как, например, при смазывании заднего подшипника 2 выходного вала в проходном мосту автомобиля Магirus-290 (рис. 11) [8].

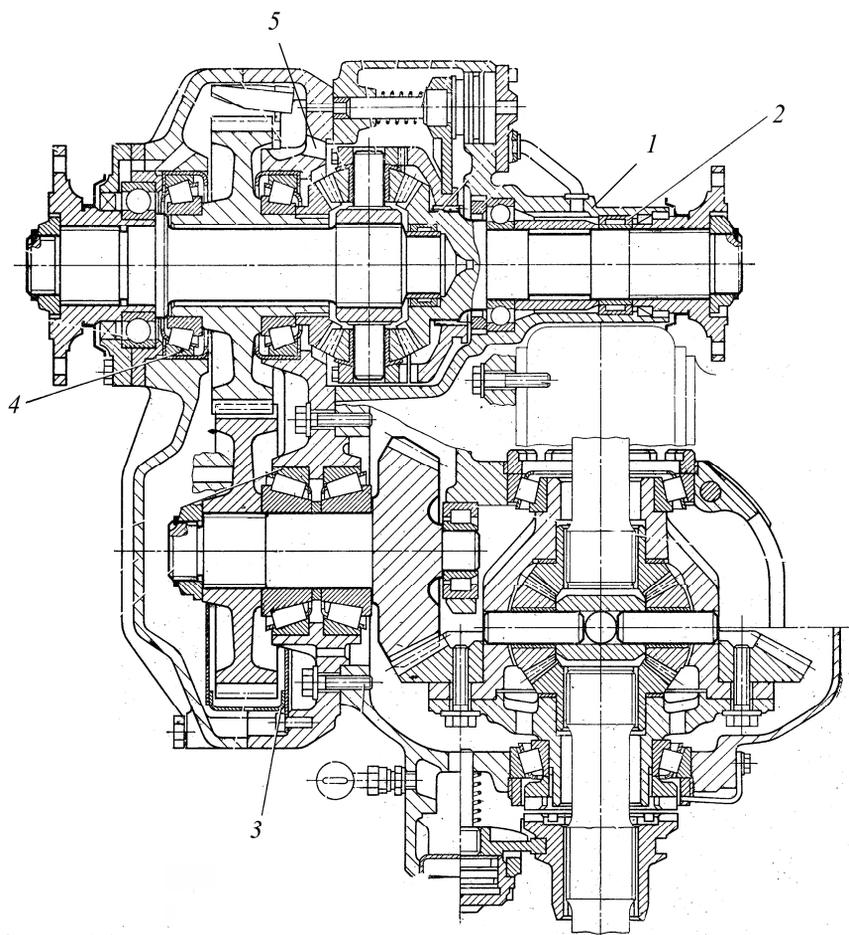


Рис. 11. Проходной центральный редуктор автомобиля Магirus-290

В проходных мостах ось ведущего вала по компоновочным соображениям располагают выше оси ведущей конической шестерни центрального редуктора, поэтому межосевой дифференциал находится выше уровня масляной ванны, вследствие чего затрудняется его смазывание. В тех случаях, когда ведущая цилиндрическая шестерня переходного редуктора непосредственно опирается на ведущий вал, также ухудшаются условия смазывания ее опорных подшипников.

Смазывание межосевого дифференциала и опорных подшипников цилиндрической шестерни переходного редуктора осуществляется разбрызгиванием и (или) под давлением.

Первый тип простой. Смазывание трущихся пар при этом происходит как масляной взвесью, так и направленными потоками масла. Масляная взвесь, образуемая при вращении погруженных в масляную ванну зубчатых колес, попадает внутрь дифференциала через отверстия в его корпусе и зазоры между деталями. Капельки масла, оседающие на внутренних стенках картера главной передачи и стекающие по ним вниз, собираются в специальных лотках и карманах, из которых затем по каналам, выполненным в катерных деталях и ведущем валу, подаются к трущимся парам.

Для подачи масла в необходимых количествах из кармана или лотка к центральному каналу, просверленному в ведущем валу, необходимо свести к минимуму утечки через зазор между вращающимися деталями и картером и преодолеть центробежную силу, препятствующую поступлению масла во вращающийся ведущий вал. Минимизация утечек достигается либо за счет уменьшения зазоров между вращающимися и неподвижными деталями, либо с помощью винтовых канавок. Например, на коническом зубчатом колесе 1 привода заднего моста КМ ЗИЛ-133ГЯ (рис. 12) по обе стороны от маслозаборного отверстия 3 выполнены две винтовые канавки 2 и 4 с разным направлением винтовой линии. Их направления подобраны так, чтобы при движении КМ вперед масло, попавшее в зазор между картером и вращающимся коническим зубчатым колесом, нагнеталось к маслозаборному отверстию.

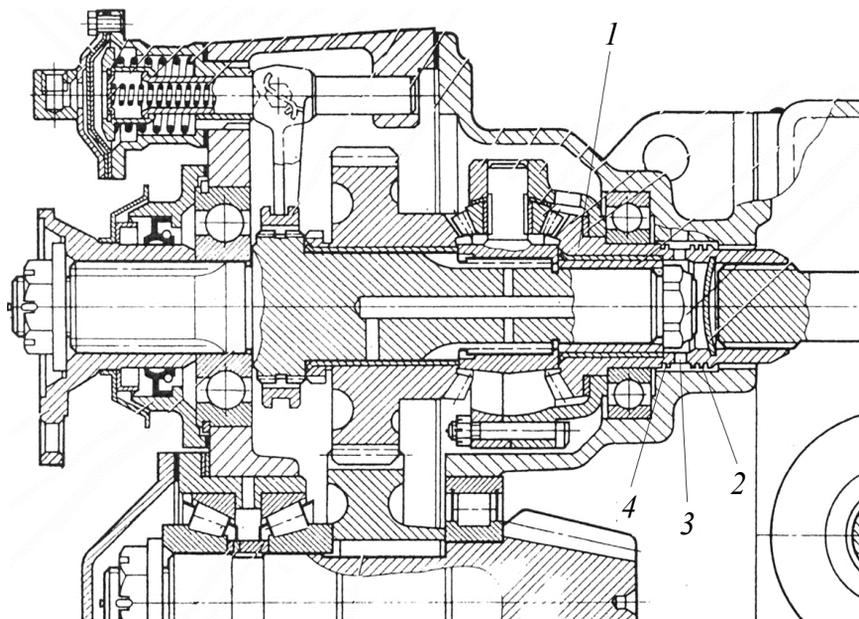


Рис. 12. Схема подачи масла к центральному каналу ведущего вала проходного ведущего моста автомобиля ЗИЛ-133ГЯ

Для преодоления центробежных сил можно использовать давление столба масла в подводящих каналах и динамический напор жидкости, создаваемый каким-либо черпаковым устройством или возникающий при забрасывании масла вращающимся зубчатым колесом. Если ведущая цилиндрическая шестерня опирается непосредственно на картер переходного редуктора, в качестве ее подшипников используют подшипники качения, смазываемые разбрызгиванием. Для того чтобы в момент трогания КМ с места после длительной стоянки, когда масляной взвеси еще нет, исключить работу опорных подшипников без смазывания, в проходном мосту автомобиля Магирус-290 (рис. 11) наружные кольца конических подшипников 4 ведущей цилиндрической шестерни помещают в штампованную обойму, удерживающую запас масла в подшипниках на остановках. Межосевой дифференциал находится в отдельном картере 1, в котором уровень масляной ванны выше уровня масла в переходном редукторе, что позволило окунуть межосевой дифференциал в масляную ванну. С помощью штампованного поддона 3 с отражателем масло забрасывается в карман, расположенный в верхней части переходного редуктора, а затем оно через отверстие 5 в его стенке поступает в картер межосевого дифференциала.

При движении КМ, когда отсутствует буксование колес обеих осей, масляная взвесь образуется в картерах переходного и конического редукторов, что создает благоприятные условия для смазывания межосевого дифференциала и опорных подшипников ведущей цилиндрической шестерни переходного редуктора. Однако при буксовании колес заднего моста вследствие того, что зубчатые колеса проходного центрального редуктора неподвижны, масляная взвесь образовываться не будет, и межколесный дифференциал, а также опорные подшипники ведущей цилиндрической шестерни переходного редуктора будут работать при нехватке смазочного материала. Поэтому длительная работа в таком режиме может привести к заеданию деталей дифференциала. Для исключения поломок дифференциала необходимо применять автоматизированную систему блокировки дифференциалов, которая позволит исключить длительное буксование колес.

Смазывание разбрызгиванием применяют в проходных мостах автомобилей ЗИЛ, КамАЗ, МАЗ, MAN, Daimler-Benz и др.

При втором типе масло под давлением подается с помощью насоса. В систему смазки также входят сетчатый фильтр, фильтрующий элемент, предохранительный и перепускной клапаны, система каналов. Первичная очистка масла от наиболее крупных включений осуществляется сетчатым фильтром, через который масло поступает в систему. Затем масло, нагнетаемое насосом, проходит через фильтр,

в котором задерживаются более мелкие включения, и по системе каналов подается к кольцевому каналу, охватывающему ведущий вал проходного редуктора. Находящееся под давлением масло, преодолевая действие центробежной силы, поступает в центральный канал в ведущем валу и далее по радиальным каналам к трущимся парам. Для лучшего смазывания опорного подшипника скольжения ведущей цилиндрической шестерни переходного редуктора на внешней поверхности ведущего вала выполняют спиральные канавки.

Привод масляного насоса может быть механическим (от трансмиссионных валов) и от автономного электрического двигателя. При использовании механического привода подача масляного насоса зависит от скорости вращения приводного вала. Возможные места установки масляного насоса с приводом от трансмиссионных валов показаны на рис. 13. Наиболее простой как по конструкции насоса, так и по организации привода является система смазки (рис. 13, *а*), в которой масляный насос с зубчатыми колесами наружного зацепления приводится от ведущей конической шестерни 2. Недостаток этой системы заключается в том, что при буксовании колес заднего ведущего моста, т. е. когда необходимо смазывание межосевого дифференциала и опорного подшипника ведущей цилиндрической шестерни, из-за неподвижности зубчатых колес, передающих крутящий момент к ведущим колесам проходного моста, масляный насос не работает.

Этого недостатка лишены все остальные варианты систем смазки. Например, в системах на рис. 13, *б–г* масляные насосы приводятся от ведущего вала проходного моста, поэтому очистка масла и его подача к трущимся парам обеспечивается при вращении ведущего вала, причем независимо от буксования колес или его отсутствия. Однако при вращении выходных валов межосевого дифференциала с одинаковыми угловыми скоростями нет необходимости подавать масло к трущимся парам.

Для передачи крутящего момента к масляному насосу с зубчатыми колесами наружного зацепления используют зубчатую передачу (рис. 13, *б*), в которой ведомое цилиндрическое колесо, связанное с масляным насосом, приводится от эвольвентных шлицов ведущего вала 3, по которым перемещается муфта блокировки межосевого дифференциала.

Наиболее просто приводятся насосы с зубчатыми колесами внутреннего зацепления, в частности героторные насосы (рис. 13, *в–д*). Схемы, показанные на рис. 13, *в, г*, различаются размещением насоса и деталями, непосредственно приводящими насос в действие. В случае, когда насос размещен у передней стенки и приводится от ведущего вала 4 проходного моста (см. рис. 13, *в*), можно применять лю-

бую конструкцию межосевого дифференциала. Если насос установлен у задней стенки переходного редуктора (см. рис. 13, *з*), он приводится от чашки 5 межосевого дифференциала. Для этого чашка дифференциала должна быть связана с его крестовиной. Однако если этой связи нет, как, например, в ряде современных конструкций, подобная схема неприемлема.

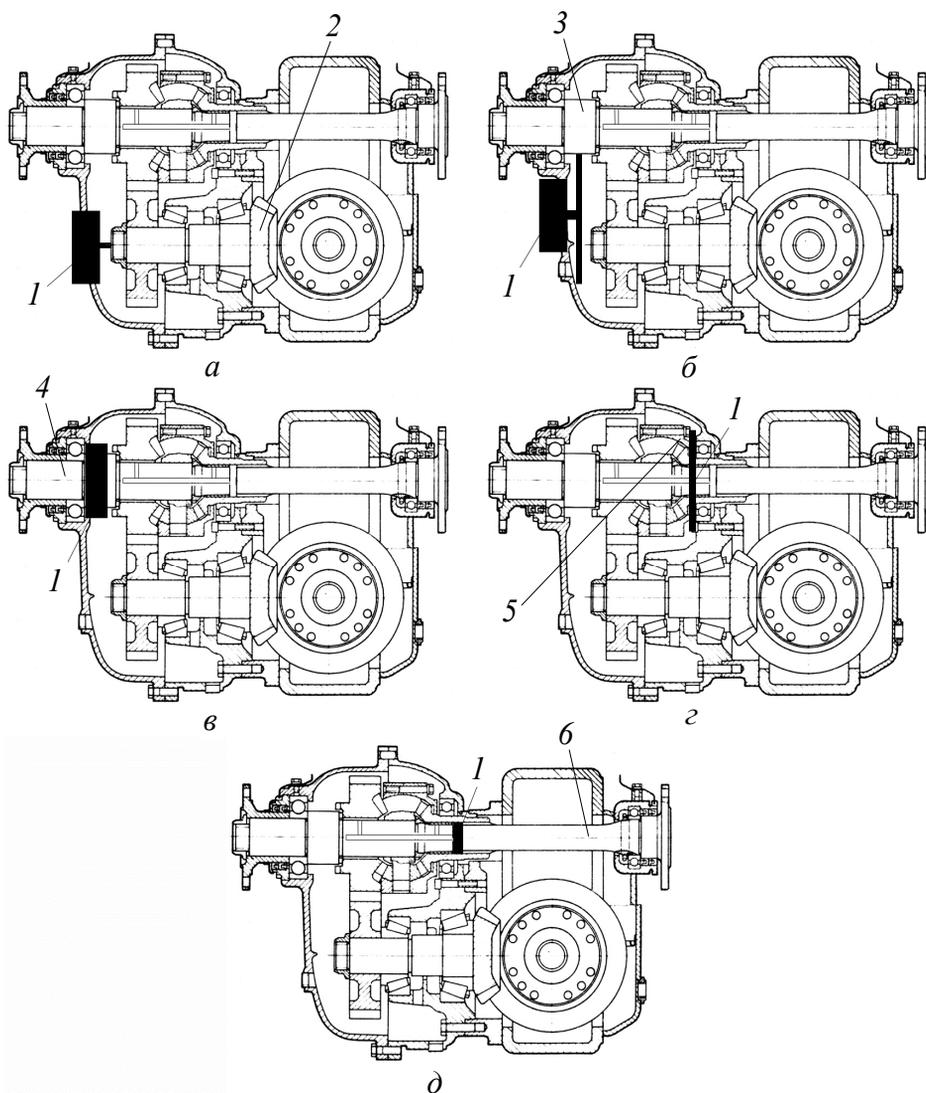


Рис. 13. Возможные места установки масляного насоса в проходном цилиндрикоконическом редукторе

Конструкция получается наиболее компактной, когда насос приводится от ведущего вала, а его корпус связан с ведомым валом б проходного моста (см. рис. 13, *д*). Главное преимущество этого вари-

анта системы — подача смазочного материала к трущимся парам обеспечивается только при вращении ведущего и ведомого валов с разными угловыми скоростями, т. е. когда это действительно необходимо. Следовательно, потери на привод масляного насоса оказываются минимальными. К недостаткам следует отнести небольшую подачу смазочного материала, обусловленную малыми размерами насоса, и сложность организации очистки масла, поскольку фильтр может быть поставлен только на линии всасывания.

Масляные насосы с зубчатыми колесами внутреннего зацепления в производстве сложнее насосов с зубчатыми колесами наружного зацепления.

Основное преимущество системы смазки под давлением — подача к трущимся парам большего количества очищенного масла.

К недостаткам следует отнести сложность и соответственно высокую стоимость системы смазки, увеличенные затраты мощности на смазывание. Принудительная система смазки трущихся пар реализована в проходных мостах фирм Scania, Meritor, RABA и др.

Некоторые фирмы предлагают автопроизводителям ведущие мосты в двух модификациях — с системой смазки межосевых дифференциалов под давлением и разбрызгиванием. В частности, подобный подход реализован фирмой Meritor в ведущих мостах серий МТ-14Х, RT-40 и т. д.

Благодаря применению электрического двигателя для привода масляного насоса оказывается возможным снижение затрат мощности на привод насоса, поскольку можно осуществлять подачу масла к трущимся парам в требуемом по условиям движения КМ объеме именно тогда, когда это действительно необходимо. Масло может очищаться как непрерывно, так и периодически. Однако такие системы смазки, являясь более сложными и дорогими, характеризуются меньшей надежностью. Тем не менее в настоящее время ведется проработка систем смазки с приводом масляного насоса от автономного электрического двигателя, что подтверждается появлением соответствующих патентов.

Заключение. Следует отметить, что основные усилия разработчиков ведущих мостов направлены на улучшение условий смазывания трущихся деталей, уменьшение потерь, связанных с перемешиванием масла, снижение трудоемкости обслуживания главных передач. Тот факт, что ресурс ведущих мостов, как и других трансмиссионных агрегатов, современных грузовых автомобилей превышает 1 000 000 км, в немалой степени обязан достижениям в области систем смазки.

Работа проводится в рамках договора № 9905/17/07-к-12 между ОАО «КамАЗ» и Московским государственным техническим университетом им. Н.Э. Баумана на выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских технологических работ по теме «Создание системы привода ведущих колес транспортных систем с независимой подвеской с осевой нагрузкой до 10 тонн» при финансовой поддержке Российской Федерации и Минобрнауки.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Яскевич З. *Ведущие мосты*. Москва, Машиностроение, 1985, 600 с.
- [2] Просвирнин А.Д., ред. *Автомобиль ГАЗ-66*. Москва, Машиностроение, 1974, 430 с.
- [3] Кошкин В.К., Ахметшин А.М., Глуховский Д.М., Григорьев Е.Г., Любченко Н.П., Муравьев В.Д., Харин В.М. *Грузовые автомобили ЗИЛ*. В.К. Кошкина, ред. Москва, Машиностроение, 1993, 624 с.
- [4] Высоцкий М.С., Гилелес Л.Х., Херсонский С.Г. *Грузовые автомобили*. 2-е изд. Москва, Машиностроение, 1995, 256 с.
- [5] Wilhelm Hopf, Stuttgart, Germany, Daimler-Benz Aktiengesellschaft, Oct. 12, 1974. *Lubricating system for axle gear*. Unated States patent US382508899, 7 с.
- [6] Worner Gerhard, Ulm, Germany, Iveco Magirus Aktiengesellschaft. 1988-08-31 *Schmiervorrichtung fur das Ausgleichsgetriebe von Kraftfahrzeugen*. Europaische Patentanmeldung, EP0280093A1, 7 с.
- [7] *Грузовые автомобили Scania серий P, R, T*. Том 2: *Двигатели, коробки передач, подвеска*. Санкт-Петербург, ООО «Диез», 2007, 352 с.
- [8] Пугаченко А.Н. *Автомобили Магирус-290*. Москва, Транспорт, 1980, 270 с.

Статья поступила в редакцию 11.10.2013

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Вержбицкий А.Н., Лахтюхов М.Г. Система смазки центральных редукторов главных передач. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2013, вып. 12. URL: <http://engjournal.ru/catalog/machin/transport/1126.html>

Вержбицкий Александр Николаевич — канд. техн. наук, доцент кафедры «Колесные машины» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Автор более 100 научных работ в области проектирования колесных и гусеничных машин. e-mail: aver@bmstu.ru

Лахтюхов Михаил Георгиевич — канд. техн. наук, доцент кафедры «Колесные машины» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Область научных интересов: динамическое нагружение колесных машин. e-mail: motor@bmstu.ru