

4. Галдин, Н.С. Ковши активного действия для экскаваторов: Учебн. пособие/ Н.С. Галдин, Е.А. Бедрина // Изд-во СибАДИ. – Омск, 2003. – 53 с.

5. Смоляк, А.Н. К вопросу совершенствования автоматизации управления строительными и дорожными машинами с гидравлическим приводом / А.Н.Смоляк // Вестник БНТУ. – 2007. – №2. – С.9–12.

6. Объемная гидромашина: пат. 3590 Респ.Беларусь, МПК7 F 15 В 11/00 / А.Н. Смоляк; заявитель БНТУ – № u 20060744; заявл. 10.11.2006; опубл. 30.06.2007 // Офиц. бюл. / Нац. центр интеллектуальной собственности – 2007.

УДК 69.05–82–229.384

Формирование объёмных гидравлических передач на базе шестерённых гидромашин

Котлобай А.Я., Котлобай А.А.

Белорусский национальный технический университет

В рамках развития систем приводов ходового оборудования колесных и гусеничных дорожно-строительных машин находят применение объёмные гидравлические передачи (ОГП) с внутренним разветвлением потока мощности. При анализе показателей материалоёмкости и удельной стоимости насосов выявлено, что минимальной материалоёмкостью и удельной стоимостью обладают шестерённые гидромашин, применение которых в качестве насосов в составе ОГП ограничено из-за отсутствия технических решений по регулированию эквивалентного объёма.

Рассмотрим два варианта технического решения ОГП с внутренним разветвлением потока мощности, отличающиеся местом установки планетарного редуктора.

ОГП (рисунок 1, рисунок 2) включает шестерённый насос 1 переменной производительности, аксиально-поршневой гидромотор 2 постоянного объёма, планетарный редуктор 3.

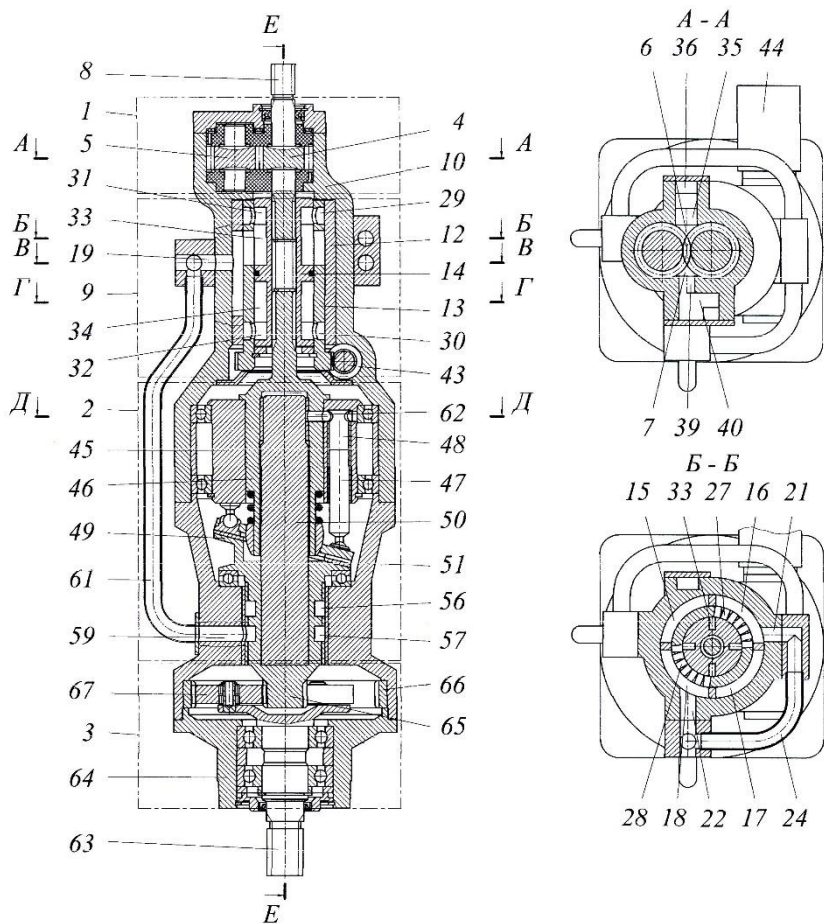


Рис. 1. ОГП с планетарным редуктором в линии связи наклонной шайбы гидромотора и ведомого вала

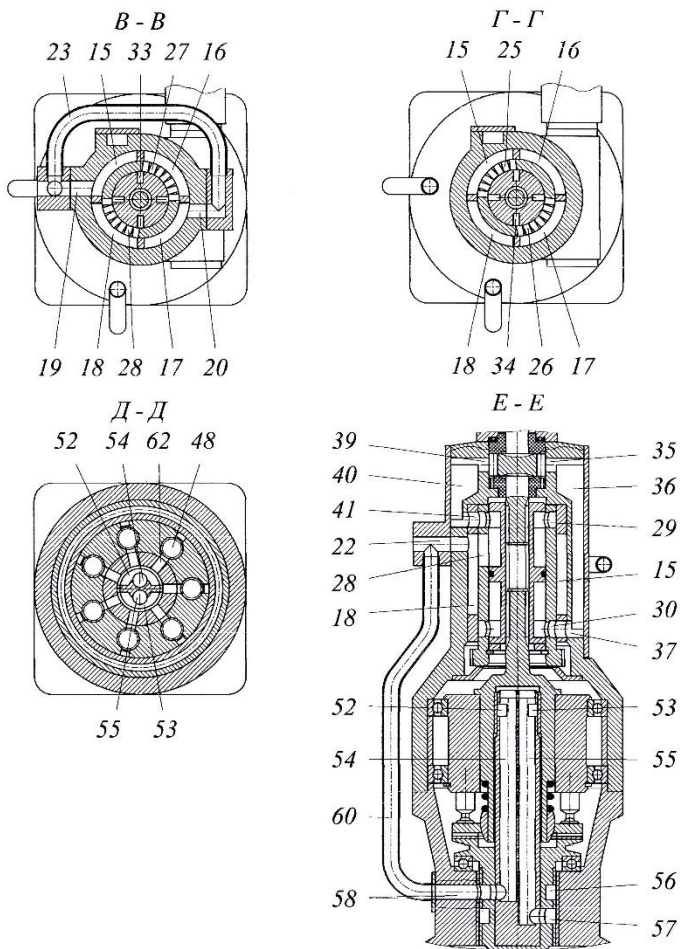


Рис. 1 (продолжение). ОГП с планетарным редуктором в линии связи наклонной шайбы гидромотора и ведомого вала

Шестерённый насос 1 содержит шестерни 4, 5, образующие полости: всасывающую 6, и напорную 7. Шестерня 4 выполнена заодно с приводным валом 8.

Гидрораспределитель 9 насоса 1 может быть выполнен в корпусе 10 насоса 1, гидрораспределителя 9 и гидромотора 2 (см. рисунок 1), либо в корпусе 11 гидрораспределителя 9 и гидромотора 2 (см. рисунок 2), соеди-

ненным с корпусом 10. Гидрораспределитель 9 включает неподвижную распределительную втулку 12, закрепленную в корпусе 10 (см. рисунок 1), либо в корпусе 11 (см. рисунок 2), подвижную распределительную втулку 13, установленную в неподвижной распределительной втулке 12 с возможностью поворота на угол 180° , и ротор 14, установленный в подвижной распределительной втулке 13, и связанный с приводным валом 8 шлицевым соединением.

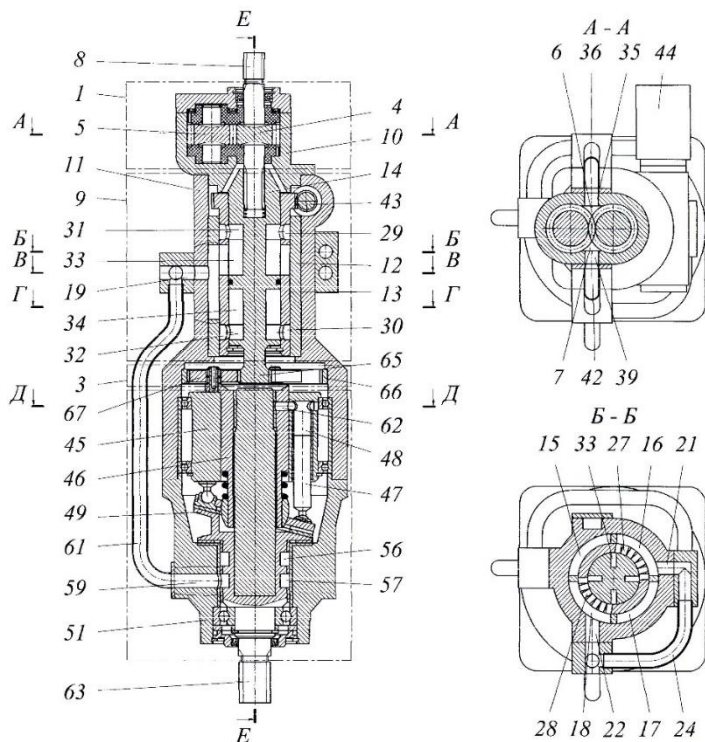


Рис. 2. ОГП с планетарным редуктором в линии связи приводного вала и блока цилиндров гидромотора

На цилиндрической поверхности неподвижной распределительной втулки 12 образованы четыре сегментных пазов 15, 16, 17, 18 с центральными углами, составляющими проиблизительно 90° . Полости сегментных пазов 15, 17 и 16, 18 связаны попарно каналами 19, 20 и 21, 22 и трубопроводами 23, 24. Каналы 19, 22 подключены к контуру подпитки (не показан). На ци-

линдрической поверхности подвижной распределительной втулки 13 образованы четыре группы продольных каналов 25, 26, 27, 28, выполненных диаметрально противоположными и смещенными по оси и углу на 90°, и две кольцевые канавки 29, 30.

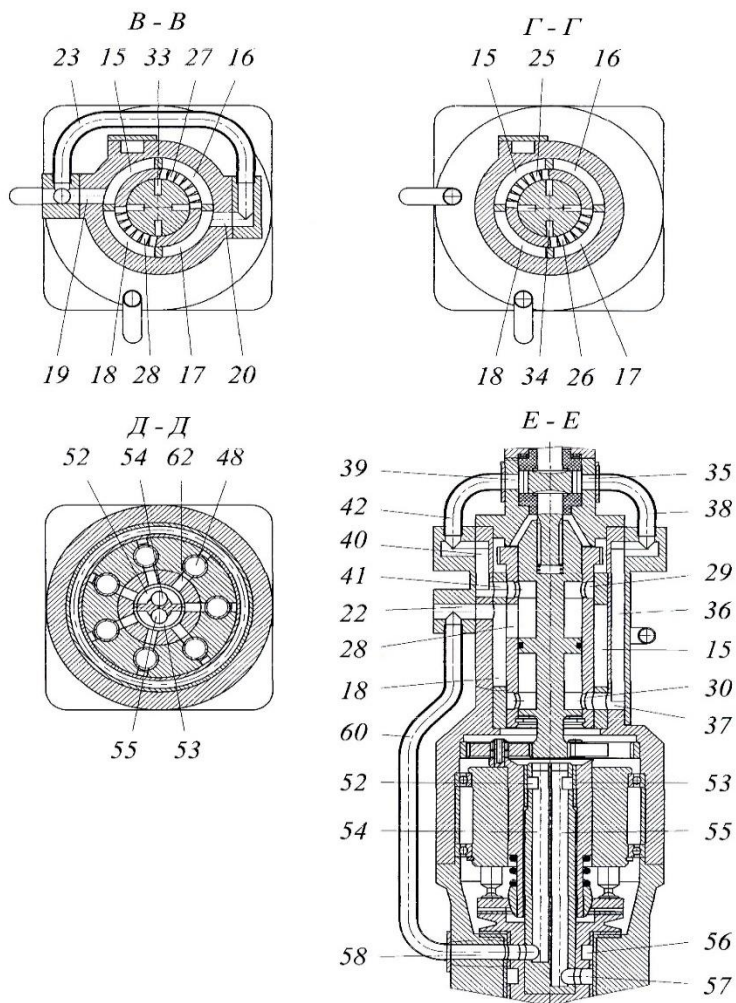


Рис. 2 (продолжение). ОГП с планетарным редуктором в линии связи приводного вала и блока цилиндров гидромотора

На цилиндрической поверхности ротора 14 образованы две кольцевые канавки 31, 32 и, связанные с ними, две группы продольных каналов 33, 34, смещенных по оси и равномерно распределенных по поверхности ротора 14. Кольцевые канавки 31, 32 образованы в зонах кольцевых канавок 29, 30 и связаны радиальными каналами.

Всасывающая полость 6 связана с полостью кольцевой канавки 30: при первом варианте исполнения (см. рисунок 1) – каналами 35, 36, 37; при втором варианте исполнения (см. рисунок 2) – каналом 35, трубопроводом 38, каналами 36, 37. Напорная полость 7 связана с полостью кольцевой канавки 29: при первом варианте исполнения (см. рисунок 1) – каналами 39, 40, 41; при втором варианте исполнения (см. рисунок 2) – каналом 39, трубопроводом 42, каналами 40, 41.

Для обеспечения поворота подвижная распределительная втулка 13 оснащена зубчатым венцом червячного зацепления. Привод червяка 43 червячного зацепления подвижной распределительной втулки 13 осуществляется автономным двигателем 44.

Аксиально-поршневой гидромотор 2 постоянного объема включает блок цилиндров 45, связанный с втулкой 46. Блок цилиндров 45 установлен по наружной поверхности в подшипниковом узле корпуса 10 (см. рисунок 1), корпуса 11 (см. рисунок 2). Поршни 47 образуют рабочие полости 48 и прижимаются к поверхности наклонной шайбы 49, в ступице которой закреплена ось 50. Ступица наклонной шайбы 49 и ось 50 установлены по наружной образующей поверхности в подшипниковом узле корпуса 51 и втулки 46. Ступица наклонной шайбы 49 опирается на корпус 51 посредством упорного подшипника. Корпус 51 соединен с корпусом 10 (см. рисунок 1), либо с корпусом 11 (см. рисунок 2).

Гидрораспределитель гидромотора 2 включает группу диаметрально противоположных сегментных пазов 52, 53 с центральным углом 180° , образованную на наружной поверхности оси 50. Продольная плоскость сегментных пазов 52, 53 совпадает с плоскостью наклона шайбы 49. Полости сегментных пазов 52, 53 связаны каналами 54, 55 с полостями кольцевых канавок 56, 57, образованных на поверхности ступицы наклонной шайбы 49. Полости кольцевых канавок 56, 57 связаны каналами 58, 59, трубопроводами 60, 61 с каналами 22, 19. Рабочие полости 48 блока цилиндров 45 связаны радиальными каналами 62 с полостями сегментных пазов 52, 53.

Ведомый вал 63 установлен в подшипниковом узле крышки 64 корпуса 51 (см. рисунок 1), корпуса 51 (см. рисунок 2). При втором варианте исполнения (см. рисунок 2) ведомый вал 63 выполнен заодно со ступицей наклонной шайбы 49.

Планетарный редуктор 3 при первом варианте исполнения (см. рисунок 1) установлен в кинематической линии связи наклонной шайбы 49 и ведомого вала 63. Редуктор 3 включает солнечную шестерню 65, выполненную заодно со ступицей наклонной шайбы 49, коронную шестерню 66, установленную в корпусе 51, сателлиты 67, установленные на осях водила, выполненного заодно с ведомым валом 63. При втором варианте исполнения (см. рисунок 2) планетарный редуктор 3 установлен в кинематической линии связи ротора 14 и втулки 46 блока цилиндров 45. Редуктор 3 включает солнечную шестерню 65, выполненную заодно с ротором 14, коронную шестерню 66, установленную в корпусе 11, сателлиты 67, установленные на осях водила, выполненного заодно с втулкой 46.

Приводной вал 8 вращается от двигателя (не показан), и приводит во вращение шестерни 4, 5 и ротор 14. Во всасывающей полости 6 создается разрежение, а в напорной полости 7 – напор. При первом варианте исполнения (см. рисунок 1) ротор 14 вращает блок цилиндров 45 с втулкой 46 и поршнями 47, взаимодействующими с наклонной шайбой 49. Наклонная шайба 49 с солнечной шестерней 65 вращается, приводя во вращение сателлиты 67, водило с ведомым валом 63. При втором варианте исполнения (см. рисунок 2) солнечная шестерня 65, образованная на роторе 14, вращает сателлиты 67, водило, выполненное заодно с втулкой 46. Наклонная шайба 49 вращается, приводя во вращение ведомый вал 63.

При исходном положении (условно) подвижной распределительной втулки 13 всасывающая полость 6 соединена с сегментным пазом 55, а напорная 7 – с сегментным пазом 54. Рабочая жидкость из напорной полости 7 поступает по каналам 39, 40, 41 при первом варианте исполнения (см. рисунок 1), по каналу 39, трубопроводу 42, каналу 41 при втором варианте исполнения (см. рисунок 2) в полости кольцевых канавок 29, 31, далее по продольным каналам 33, 27, 28 в полости сегментных пазов 16, 18, и по каналам 21, 22, трубопроводам 24, 60, каналу 58 в полость кольцевой канавки 56, и по каналу 54 в полость сегментного паза 52. В данном положении подвижной распределительной втулки 13 обеспечивается максимальный эквивалентный объем насоса шестеренного 1 и максимальная подача рабочей жидкости в полость сегментного паза 52. Из полости сегментного паза 52 рабочая жидкость по каналам 62 поступает в рабочие полости 48 блока цилиндров 45 гидромотора 2. Поршни 47 выдвигаются, и, взаимодействуя с наклонной шайбой 49, поворачивают наклонную шайбу 49 и солнечную шестерню 65 при первом варианте исполнения (см. рисунок 1), и ведомый вал 63 при втором варианте исполнения (см. рисунок 2) относительно оси ОГП в направлении, противоположном направлению блока цилиндров 45. При движении поршней 47 внутрь блока цилиндров 45 рабочая жидкость из рабочих полостей 48 поступает по каналам 62 в полость сегментного паза 53,

и по каналу 55 в полость кольцевой канавки 57. Из полости кольцевой канавки 57 рабочая жидкость по каналу 59, трубопроводу 61, каналу 19, трубопроводу 23, каналу 20 поступает в полости сегментных пазов 15, 17, и далее, по продольным каналам 25, 26, 34 в полости кольцевых канавок 32, 30, и по каналам 37, 36, 35 при первом варианте исполнения (см. рисунок 1), по каналам 37, 36, трубопроводу 38, каналу 35 при втором варианте исполнения (см. рисунок 2) во всасывающую полость 6 насоса 1. Скорость вращения ведомого вала 63 при заданной скорости вращения приводного вала 8, первом (1) и втором (2) вариантах исполнения:

$$n_{63} = n_8 \frac{1-k}{i}, \quad i = \frac{n_{65}}{n_{63}}, \quad (1);$$

$$n_{63} = n_8 \left(\frac{1}{i} - k \right), \quad i = \frac{n_{65}}{n_{45}}, \quad (2);$$

$$k = \frac{q_{нк}}{q_{мк}} \cdot \frac{q_{нф}}{q_{нк}}$$

где $\frac{q_{нк}}{q_{мк}}$; $\frac{q_{нф}}{q_{нк}}$; i – передаточное число планетарного редуктора 3; k – коэффициент, характеризующий отношение текущих значений объемов насоса 1 и гидромотора 2; $n_{8, П45, П63, П65}$ – скорость вращения приводного вала 8, блока цилиндров 45; ведомого вала 63, солнечной шестерни 65; $q_{нк}$, $q_{мк}$ – конструктивный объем насоса 1, гидромотора 2; $q_{нф}$ – эффективный объем насоса 1, определяемый углом поворота подвижной распределительной втулки 13.

При повороте подвижной распределительной втулки 13 посредством автономного двигателя 44 и червяка 43 на угол 45^0 , например, по часовой стрелке от исходного положения, половина продольных каналов 25, 26 переместятся в зоны сегментных пазов 16, 18, а половина продольных каналов 25, 26 останется в зоне сегментных пазов 15, 17. Также, половина продольных каналов 27, 28 переместятся в зоны сегментных пазов 17, 15, а половина продольных каналов 27, 28 останется в зоне сегментных пазов 16, 18.

При повороте ротора 14 на угол 45^0 от начала взаимодействия двух пар каналов 34 и 33 с продольными каналами 25, 26 и 27, 28, рабочая жидкость из напорной полости 7 поступает в полости кольцевых канавок 29, 31, далее в полости сегментных пазов 16, 18 и 52, и в рабочие полости 48. Из рабочих полостей 48 рабочая жидкость поступает в полости сегментных пазов 53 и 15, 17, и во всасывающую полость 6 насоса 1. При повороте ротора 14 на угол от 45^0 до 90^0 от начала взаимодействия двух пар каналов 34 и 33 с продольными каналами 25, 26 и 27, 28, рабочая жидкость из напорной полости

7 поступает в полости кольцевых канавок 29, 31, далее в полости сегментных пазов 15, 17 и 53, и в рабочие полости 48. Из рабочих полостей 48 рабочая жидкость поступает в полости сегментных пазов 52 и 16, 18, и во всасывающую полость 6 насоса 1.

При дальнейшем повороте ротора 14 две пары следующих продольных канала 34 и 33 взаимодействуют с продольными каналами 25, 26 и 27, 28, и цикл повторяется, как описано выше. Всасывание рабочей жидкости насосом 1 осуществляется последовательно из сегментных пазов 53, 52, а нагнетание в – полости сегментных пазов 52, 53 гидрораспределителя гидромотора 2. В данном положении подвижной распределительной втулки 13 обеспечивается минимальный (нулевой) эквивалентный объем насоса шестеренного и минимальная (нулевая) подача рабочей жидкости в напорную магистраль гидромотора 2.

При нулевой подаче насоса шестеренного 1 движения рабочей жидкости в полостях сегментных пазов 52, 53 нет, рабочие полости 48 блока цилиндров 45 запираются, поршни 47 гидромотора 2 блокируются, и блок цилиндров 45 с втулкой 46 вращает наклонную шайбу 49 в направлении вращения приводного вала 48 со скоростью, определяемой выражением (1), (2) при $k = 0$.

При повороте подвижной распределительной втулки 13 на угол 90° от исходного положения, продольные каналы 25, 26 переместятся в зоны сегментных пазов 16, 18, а продольные 27, 28 – в зоны сегментных пазов 17, 15. Всасывающая полость 6 соединена с сегментным пазом 52, а напорная 7 – с сегментным пазом 53. В данном положении подвижной распределительной втулки 13 обеспечивается максимальный эквивалентный объем насоса шестеренного 1 и максимальная подача рабочей жидкости в полость сегментного паза 53. Подача рабочей жидкости реверсирована. Скорость вращения ведомого вала 63 при заданной скорости вращения приводного вала 8, при первом (3) и втором (4) вариантах исполнения:

$$n_{63} = n_8 \frac{1+k}{i}, \quad i = \frac{n_{65}}{n_{63}}, \quad (3);$$

$$n_{63} = n_8 \left(\frac{1}{i} + k \right), \quad i = \frac{n_{65}}{n_{45}}, \quad (4).$$

В выражениях (1), (2), (3), (4) не учитывается объёмный КПД гидромашины.

Предварительная оценка диапазона регулирования скорости выходного звена показала потенциальные возможности использования ОГП в составе

насоса шестерённого, оснащённого гидрораспределителем, обеспечивающего регулирование эквивалентного объёма и реверсирование потока рабочей жидкости, в трансмиссиях привода ходового оборудования колесных и гусеничных дорожно-строительных машин.

Литература

1. Котлобай, А.Я. Снижение материалоемкости приводов рабочего оборудования траншейно-котлованной машины / А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай, А.И. Герасимюк, В.Ф. Тамело, В.В. Грубеляс // Инженер-механик. – 2017. № 1 (74). – С. 10–17.

2. Котлобай, А.Я. Фазовое регулирование насосных установок машин инженерного вооружения / А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай, В. Ф. Тамело // Инженер-механик. – 2017. № 4 (77). – С. 10–17.

3. Котлобай, А.Я. Объемные гидравлические передачи ходового оборудования транспортно-тяговых машин / А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай, В.Ф. Тамело // Инженер-механик. – 2017. № 2 (75). – С. 18–25.

4. Аксиально-поршневая гидромашинa: пат. 21749 С1, Республика Беларусь, МПК F 15B 11/22 (2006.01) / А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай, В.Ф. Тамело; заявитель Белорусский национальный технический университет. – № а 20150103; заявл. 2015.02.20; опубл. 2018.04.30 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2018. – № 2.

5. Гидродифференциальная передача: пат. 12141 Г, Республика Беларусь, МПК F 16H 39/00, МПК F 16H 48/26 (2006.01) / А.А. Почебыт, А.В. Волчкович, О.А. Логашин, А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай; заявитель А.А. Почебыт, А.В. Волчкович, О.А. Логашин, А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай. – № u 20190097; заявл. 2019.04.11; опубл. 2019.10.30 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2019. – № 5.

6. Гидродифференциальная передача: пат. 20794 С1, Республика Беларусь, МПК F 16H 39/00, МПК F 16H 48/26 (2006.01) / А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай; заявитель Белорусский национальный технический университет. – № а 20130324; заявл. 2013.03.15; опубл. 2017.02.28 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2017. – № 1.

7. Гидродифференциальная передача: пат. 21039 С1, Республика Беларусь, МПК F 16H 48/00 (2006.01) / А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай, В.Ф. Тамело; заявитель Белорусский национальный технический университет. – № а 20131530; заявл. 2013.12.18; опубл. 2017.04.30 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2017. – № 2.

8. Гидродифференциальная передача: пат. 21410 С1, Республика Беларусь, МПК F 16H 61/44, F 16B 11/22 (2006.01) / А.Я. Котлобай, А.А. Котло-

бай, Е.Н. Малец; заявитель Белорусский национальный технический университет. – № а 20140338; заявл. 2014.06.18; опубл. 2017.10.30 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2017. – № 5.

9. Полноприводные автомобили КрАЗ / А.А. Малышев, В.М. Круговой, И.Н. Румшевич. – М.: «Транспорт», 1975. – 304 с.

УДК 625.76 (083.13)

Белорусский опыт переработки отработанных бетонных и железобетонных конструкций в востребованные продукты

Замула А.А.

Белорусский национальный технический университет

В связи ростом транспорта и его значения в жизни людей, стоит остро вопрос необходимости строительства дорог с твердым покрытием и поддержания состояния этих дорог в работоспособном состоянии. Особенно остро этот вопрос стоит для местных дорог в состав которых входят внутрихозяйственные дороги которые, проходят через агрогородки, деревни, обеспечивая связь с животноводческими фермами, зернотоками, школами, клубами и т.д. Плохое состояние этих дорог снижает привлекательность таких населенных пунктов и мешает нормальному функционированию вышеуказанных объектов.

Для создания твердых покрытий внутрихозяйственных дорог с минимальными затратами следует задействовать: щебень, получаемый из отработанных бетонных или железобетонных конструкций, как более дешевый, чем щебень, получаемый из гранита, добываемого в Микашевичах; камни, собираемые с сельскохозяйственных полей и собранные при разработке карьеров; асфальтогранулят, получаемый при ремонте старых дорожных покрытий.

Отходы бетона и железобетона образуются при сносе старых зданий, строительстве, при производстве изделий, если не соответствуют стандарту. Чаще всего это крупногабаритные отходы которые стараются переработать в новый строительный материал.