

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГИДРОПРИВОДОВ УДАРНО-ВИБРАЦИОННЫХ МАШИН ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И МОСТОВ

ENHANCEMENT OF HYDRAULIC ACTUATORS FOR SHOCK-AND-VIBRATION MACHINES USED IN HIGHWAY AND BRIDGE CONSTRUCTION

А. В. Вавилов, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Строительные и дорожные машины» Белорусского национального технического университета, г. Минск, Беларусь

А. Н. Смоляк, кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные и дорожные машины» Белорусского национального технического университета, г. Минск, Беларусь

Создание конкурентоспособных, высокопроизводительных, экономичных и экологически защищенных конструкций гидроприводов ударно-вибрационных машин нового поколения для строительства, ремонта автомобильных дорог и мостов базируется на эффективном применении роторных гидрораспределителей с объемным регулированием скоростей движения выходных звеньев гидродвигателей.

Роторные гидрораспределители с гидравлической обратной связью и объемным регулированием скорости вращения, установленные в конструкциях ударно-вибрационных машин, предусматривают повышение энергии удара при высоком коэффициенте полезного действия за счет однонаправленного непрерывного вращения ротора, исключаяющего возникновение режима автоколебаний элементов гидроаппаратов, гидроударов и кавитации.

Новое техническое решение для ударно-вибрационных машин обеспечивает их высокую надежность и большую мощность, значительное снижение шума и вибрации во время работы дорожно-строительной техники.

Creating competitive, highly efficient, economical and eco-friendly designs of hydraulic actuators for shock-and-vibration machines of new generation used in highway and bridge construction and repairs is based on effective application of a rotor hydraulic distributor with volumetric rate adjustment of hydraulic engine output members.

Rotor hydraulic distributors with hydraulic feedback and volumetric rotation rate adjustment built into design of shock-and-vibration machines provide for impact energy enhancement in combination with high coefficient of efficiency at the expense of unidirectional continuous rotor rotation which prevents the hydraulic valve elements from oscillation mode entering, hydraulic shocks and cavitation.

A new technological solution for shock-and-vibration machines ensures their high reliability and enhanced capacity, significant vibration and noise reduction at the time of road-building equipment operation.

ВВЕДЕНИЕ

Появление новых технологических методов ремонта автомобильных дорог с предварительным разрушением старого асфальтобетонного покрытия; новых технологий разработки грунта, таких как горизонтально-направленное бурение; забивка свай гидравлическими молотами при строительстве мостов требует интенсивного совершенствования конструкций машин на основе экономичных и эко-

логических принципов с повышенным уровнем автоматизации и требуемой производительностью [1].

Интенсивное совершенствование гидропривода в качестве интеллектуальной приводной технологии в настоящее время наиболее заметно проявляется в области дорожных машин, создавая базу для стремительного роста объемов строительства, ремонта автомобильных дорог и мостов в Беларуси [2].



Одним из новых направлений создания машин и оборудования для строительства дорог и мостов является разработка гидрофицированной техники, позволяющей осуществить комплексную механизацию наиболее трудоемких технологических процессов, обеспечить высокую производительность, экономичность и эффективность капитального строительства. К новым видам дорожно-строительной техники, созданной в настоящее время, относятся навесные гидравлические вибрационные и ударно-вибрационные устройства с приводом от мобильных гидравлических станций или дорожных машин, предназначенные для выполнения широкой номенклатуры специальных технологических операций, таких как разрушение старых дорожных покрытий, уплотнение дорожно-строительных материалов при укладке нового основания, выполнение надрезов и отверстий в грунте, забивка свай. Тенденции совершенствования подобных механизмов заключаются в повышении уровня их надежности, эффективности, производительности с уменьшением массы и габаритов при высоких экологических показателях [3].

До настоящего времени объемный гидропривод остается лидером в развитии конструкций ударно-вибрационных устройств для дорожного строительства благодаря непревзойденным свойствам: создавать высокие давления и, соответственно, усилия на выходных звеньях гидродвигателей рабочего оборудования при незначительных массогабаритных характеристиках, осуществлять сложные технологические операции в автоматическом режиме при независимом размещении элементов своих систем, гибко и эффективно передавать команды управления к исполнительным механизмам [4, 5].

Целью настоящей исследовательской работы является создание конкурентоспособных, высокопроизводительных, экономичных и экологически защищенных конструкций гидроприводов ударно-вибрационных машин для строительства автомобильных дорог и мостов на основе эффективного применения роторного гидрораспределителя вращательного действия в сочетании с объемным способом регулирования скорости выходных звеньев рабочего оборудования.

НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ОБЪЕМНЫХ ГИДРОПРИВОДОВ УДАРНО-ВИБРАЦИОННЫХ МАШИН ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И МОСТОВ НА БАЗЕ РОТОРНОГО ГИДРОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ

Задача создания мощных и высокопроизводительных ударно-вибрационных машин для строительства автомобильных дорог и мостов

определяет несколько направлений исследования, среди которых: оптимизация структуры и основных параметров гидроприводов, реализующих новые энергосберегающие технологии, повышение надежности, мощности и производительности рабочего оборудования.

Рассмотрение существующих конструкций промышленных образцов ударно-вибрационных машин, анализ патентных и литературных источников позволяет определить основные тенденции развития техники в рассматриваемой области, выявить достоинства и недостатки существующих конструкций. Известные гидравлические устройства ударно-вибрационного действия [1], содержащие корпус, ударную массу, закрепленную на корпусе, гидроцилиндр с силовым поршнем, шток которого соединен с ударной массой, золотниковый, крановый или клапанный гидрораспределитель, плунжер, взаимодействующий с торцевой поверхностью силового поршня, – работоспособны и применены на практике. Однако рассматриваемые конструкции ударно-вибрационного действия имеют ряд недостатков, среди которых:

- значительные потери гидравлической энергии при реверсировании запорных элементов возвратно-поступательного действия (золотников, крановых пробок, клапанов, пластин и т. д.) – до 20 % энергии цикла вследствие так называемого «короткого замыкания» золотника или другого запорного элемента;

- устойчивая предрасположенность к возникновению гидроударов и кавитации в рабочих полостях гидродвигателей, что в свою очередь значительно снижает надежность и производительность дорожно-строительной машины;

- возникающие в результате появления гидроударов и кавитации вибрация и повышенный уровень шума во время работы не позволяют широко применять устройство в городских условиях строительства, так как снижается его экологическая безопасность.

Режимы кавитации и гидроударов в системе объемных гидроприводов ударно-вибрационных машин являются также следствием возникновения автоколебательных движений запорных элементов гидрораспределителей (золотниковых, крановых и клапанных) в период рабочего цикла. Передаваемые гидрораспределителями противоположные по величине и направлению импульсы давления в область рабочих полостей гидродвигателей приводят к повышенной вибрации и шуму при работе устройства, вызывают его интенсивный износ, снижают производительность и мощность.

Сравнительный анализ предлагаемых в работе схемотехнических решений позволяет оце-



нить значительное число факторов, влияющих на процессы создания и внедрения в производство новых технических решений в конструкциях ударно-вибрационного действия, расположенных в соответствующих аспектах: экономических, экологических, производственно-технологических и эксплуатационных.

Предлагаемый усовершенствованный вариант конструкции гидропривода ударно-вибрационной машины для строительства и ремонта автомобильных дорог и мостов проиллюстрирован на совмещенной принципиальной и конструктивной схеме (рис. 1).

Предлагаемая конструкция ударно-вибрационной машины включает корпус 1, в котором со-

вершает возвратно-поступательные движения боек 2, нанося удары по рабочему инструменту 3. Привод бойка осуществляется под воздействием рабочей жидкости, подаваемой двухпоточным насосом 4 [6], одновременно в два контура. Первый контур включает роторный гидрораспределитель 5, пневмогидроаккумулятор 16 и предохранительный гидроклапан непрямого действия 18. Второй контур состоит из регулируемого гидромотора 6 с обратной связью, синхронизирующей положение ротора 7 относительно рабочих окон корпуса гидрораспределителя 5 с фазами перемещения бойка 2, и предохранительного гидроклапана 17. Обратная связь осуществляется датчиками положения штока бойка 15 и элемента управления 14 рабочим объемом гидромотора 6. Ротор 7 гидрораспределителя 5 приводится во вращение валом гидромотора 6 и имеет три сквозных канала: два из которых (каналы 8 и 9) служат для поочередного соединения насосной магистрали и сливной с рабочими камерами ударно-вибрационного устройства, а третий сквозной канал (рис. 2) предназначен для соединения рабочих камер ударно-вибрационного устройства между собой в момент остановки бойка для изменения направления движения с целью исключения запирания замкнутых объемов рабочей жидкости, что значительно снижает возможность возникновения гидроударов и кавитации в системе гидропривода.

Ударно-вибрационное устройство на базе роторного гидрораспределителя работает следующим образом. Перед началом движения бойка с помощью датчиков 14 и 15 ротор 7 гидрораспределителя 5 устанавливается в начальное стартовое положение (см. рис. 1), при котором канал 9 соединяет насосную магистраль первого контура 10 с нижней рабочей камерой ударно-вибрационного устройства, а канал 8 сое-

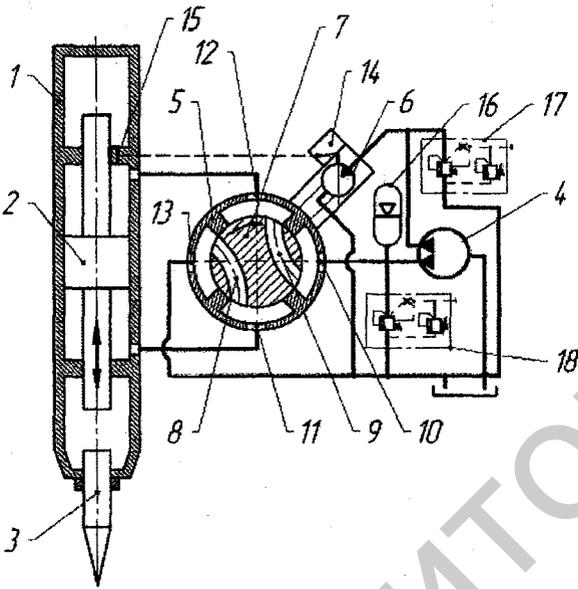


Рисунок 1 - Схема гидропривода ударно-вибрационной машины на базе роторного гидрораспределителя с объемной гидравлической обратной связью

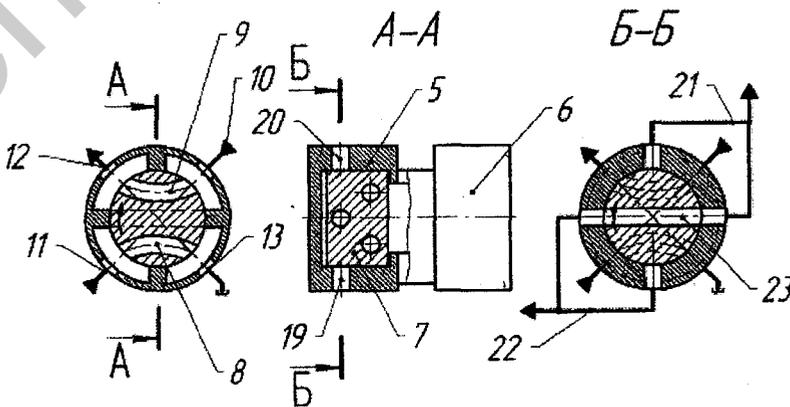


Рисунок 2 - Конструкция роторного гидрораспределителя для гидропривода ударно-вибрационной дорожно-строительной машины



диняет сливную магистраль с верхней рабочей камерой устройства. При этом ротор 7 будет вращаться по часовой стрелке. От насоса 4 рабочая жидкость начнет поступать в нижнюю полость ударно-вибрационного устройства через канал 9, соединяющий серповидные полости, выполненные в корпусе гидрораспределителя 5 и, в свою очередь, переходящие в радиальные отверстия 10 и 12. Канал 8 в период вращения ротора 7 соединит диаметрально противоположные серповидные окна, переходящие в радиальные отверстия 11 и 13, выполненные в корпусе 5 гидрораспределителя. Серповидные окна разделены в корпусе при помощи перемычек 5. Ширина перемычек 5 соответствует диаметру каналов 8 и 9, что позволяет предотвратить преждевременный переход рабочей жидкости из полости высокого давления в полость низкого давления. Для исключения опасности чрезмерного повышения давления в замкнутом объеме рабочих камер, а также для предотвращения гидроудара и кавитации в результате резкого повышения давления в замкнутом объеме, служит дополнительный канал 23 (см. рис. 2), соединяющий рабочие полости ударно-вибрационного устройства между собой в момент начала изменения направления движения. С этой же целью соединены между собой диаметрально противоположные каналы в корпусе роторного гидрораспределителя 21 и 22. Гидравлическую энергию, возникающую от колебания давления, накапливает пневмогидроаккумулятор 16, установленный в напорной магистрали гидросистемы. Частоту вращения ротора 7 гидрораспределителя 5 можно регулировать путем изменения рабочего объема гидромотора и датчиками положения 14 и 15.

Однонаправленное непрерывное вращение роторного гидрораспределителя 5 во время рабочего и холостого хода бойка ударно-вибрационного устройства позволяет значительно повысить быстродействие машины, производительность и мощность вследствие исключения режимов остановок и автоколебаний запорного элемента гидроаппарата. Плавное непрерывное вращение роторного распределительного элемента позволяет существенно уменьшить вибрацию и шум во время работы устройства. Конструктивные достоинства предлагаемого технического решения ударно-вибрационной машины повышают надежность и долговечность проектируемой техники, увеличивают производительность, мощность и обеспечивают хорошие экологические и эргономические условия для оператора, управляющего машиной.

Расчет параметров двухконтурного объемного гидропривода ударно-вибрационной ма-

шины на базе роторного гидрораспределителя с гидравлической обратной связью базируется на решениях разработанной математической модели нестационарного потока в разветвленной гидросистеме с учетом энергетической модели накопления повреждений и микроразрушений стенок каналов при воздействии повышенного внутреннего давления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Создание конкурентоспособных, высокопроизводительных, экономичных и экологически защищенных конструкций гидроприводов ударно-вибрационных машин нового поколения для строительства, ремонта автомобильных дорог и мостов базируется на эффективном применении роторного гидрораспределителя с гидравлической обратной связью по положению и с автоматическим объемным регулированием скорости движения выходных звеньев гидродвигателей.

2. Значительный экономический эффект от внедрения в производство гидроприводов ударно-вибрационного действия на базе роторных гидрораспределителей обеспечивается исключением режимов автоколебаний запорных элементов гидроаппаратов и выходных звеньев гидродвигателей, уменьшением вероятности возникновения гидроударов и кавитации.

3. Однонаправленное непрерывное вращение ротора гидрораспределителя во время рабочего и холостого хода бойка ударно-вибрационного устройства позволяет значительно повысить быстродействие машины вследствие исключения режимов остановок и автоколебаний запорного элемента гидроаппарата, что гарантирует, в свою очередь, повышение мощности и производительности при высоких показателях коэффициента полезного действия, значительную экологическую защиту и эргономический эффект при управлении машиной.

4. Принципиально новые технические решения объемных гидроприводов ударно-вибрационных машин для дорожного и мостового строительства базируются на двухконтурной системе, включающей двухпоточный аксиально-поршневой насос с пропорциональными потоками, совместно работающий с контурами ударно-вибрационного гидродвигателя и гидромотора привода ротора гидрораспределителя с гидравлической обратной связью по положению.

5. Расчет параметров двухконтурного объемного гидропривода ударно-вибрационной машины на базе роторного гидрораспределителя с гидравлической обратной связью базируется



на решениях математической модели нестационарного потока в разветвленной гидросистеме с учетом энергетической модели накопления

повреждений и микроразрушений стенок каналов при воздействии повышенного внутреннего давления. □

ЛИТЕРАТУРА

1. Добронравов, С. С. *Строительные машины и основы автоматизации* : учеб. для строит. вузов / С. С. Добронравов, В. Г. Дронов. – М. : Высш. шк., 2003. – 575 с.
2. Вавилов, А. В. *К вопросу создания эффективного гидропривода производственного комплекса для бестраншейного строительства подземных коммуникаций в условиях Беларуси* / А. В. Вавилов, А. Н. Смоляк // *Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин* : сб. науч. тр. БНТУ. – Минск, 2010. – С. 72–78.
3. Вавилов, А. В. *Повышение уровня автоматизации строительных машин – гарант их конкурентоспособности* / А. В. Вавилов, А. Н. Смоляк // *Строительная наука и техника*. – 2008. – № 3 (18). – С. 74–78.
4. Вавилов А. В. *Анализ динамики и минимизация времени переходных процессов в гидроприводе малогабаритной многофункциональной дорожно-строительной машины* / А. В. Вавилов, А. Н. Смоляк // *Вестник КГТУ. Выпуск «Транспорт»* : сб. науч. тр. – Красноярск, 2001. – С. 166–171.
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. Пат. 3590 Республика Беларусь, МПК7 F 15 B 11/00. *Объемная гидромашина* / Смоляк А. Н. ; заявитель БНТУ. – № 20060744 ; заявл. 10.11.2006 ; опубл. 30.06.2007, офиц. бюл. / Нац. центр интеллектуальной собственности. – 2007.

Статья поступила в редакцию 04.03.13.

