

Введение

Получение максимальной прибыли при использовании строительных и дорожных машин (СДМ) зависит от стратегии поддержания и восстановления их работоспособности. В процессе планирования и организации технической эксплуатации важно не только проводить техническое обслуживание в соответствии с рекомендациями, но и обеспечить ремонты агрегатов и сборочных единиц под общим контролем предприятий-изготовителей. Частично эта задача решается при увеличении гарантийного срока эксплуатации. Однако после этого срока ремонты СДМ проводятся с ограниченными материально-техническими и кадровыми возможностями, позволяющими реализовать только слесарные операции по замене сборочных единиц и агрегатов. В этих условиях важно обеспечить их оборотный фонд за счет новых или капитально отремонтированных сборочных единиц и агрегатов. Создание такого фонда из числа отремонтированных сборочных единиц и агрегатов имеет также экономическую целесообразность. Так, затраты на капитальный ремонт (КР) агрегатов и сборочных единиц составляют 25—65 % стоимости новых, а расходуемое количество материалов и трудоемкость соответственно ниже в 2—3 раза [1].

Для обеспечения необходимого качества ремонта важно организовать его в каждом регионе под руководством предприятия-изготовителя или на самом предприятии при наличии свободных производственных площадей и незначительных транспортных расходов.

Для определения количества и наименований сборочных единиц для агрегатного метода ремонта необходимы исследования по их рабо-

Повышение работоспособности гидропривода строительных и дорожных машин при внедрении агрегатного метода ремонта и диагностики

Рассмотрены основы выработки стратегии повышения работоспособности гидропривода строительных и дорожных машин с учетом выявления сборочных единиц систем и агрегатов, лимитирующих безотказность; определения остаточного ресурса и организация агрегатного метода ремонта с применением диагностики.

Ключевые слова: эксплуатация, диагностика, агрегатный метод ремонта, надежность, вероятность безотказной работы, гидропривод.

тоспособности и внедрение диагностики, позволяющей определить остаточный ресурс обследуемых объектов при плановых технических обслуживаниях и ремонтах конкретной машины. Стратегия поддержания и восстановления работоспособности гидропривода СДМ представлена на примере погрузчика на пневмоколесном ходу грузоподъемностью 3 т (Амкодор 332) с более глубоким анализом отказов гидропривода.

Показатели работоспособности погрузчиков Амкодор 332

Важнейшими показателями работоспособности СДМ являются: вероятность безотказной работы, наработка до отказа, параметр потока отказов и коэффициент технического использования. Эти показатели определялись в соответствии с ГОСТ 27.002—89 [2] на основе анализа 200 погрузчиков Амкодор 332, эксплуатируемых

УДК 62-82

А. Н. Максименко, канд. техн. наук, проф.,
И. В. Лесковец, канд. техн. наук, зав. кафедрой,
В. В. Кутузов, асп.,
Д. В. Бездников, асп.;
Бел.-Рос. ун-т;
Н. Н. Федосов, ген. дир.,
В. В. Сентюров, гл. инж.;
ОАО "Заднепровский межрай-агросервис"
E-mail: maksimenko-bru@yandex.ru

ЭКСПЛУАТАЦИЯ

в организациях Могилевской обл. Республики Беларусь. Из общего количества подконтрольных погрузчиков Амкодор 332 при наработке 1000 моточасов вероятность безотказной работы P_{1000} для составных частей (агрегатов, гидропривода в целом, сборочных единиц, систем, металлоконструкции и рабочего оборудования) составляла от 0,98 до 0,39 (рис. 1). Наименьшее значение P_{1000} (0,39) соответствует гидроприводу в целом рассматриваемых погрузчиков. Для остальных составных частей P_{1000} имеет следующие значения: электрооборудование $P_{1000} = 0,527$, трансмиссия $P_{1000} = 0,533$, гидропривод рабочего оборудования $P_{1000} = 0,737$; тормозная система с пневмоприводом $P_{1000} = 0,797$; двигатель $P_{1000} = 0,789$; рулевое управление $P_{1000} = 0,902$. Если рассматривать сборочные единицы трансмиссии, то одна из самых низких вероятностей безотказной работы при наработке 1000 моточасов соответствует гидромеханической передаче (ГМП), которая с учетом блока охлаждения рабочей жидкости ГМП равна 0,67 и соответственно 0,75 без учета отказов этого блока.

Среди сборочных единиц ГМП (насос, распределитель, коробка передач) количество отказов за рассматриваемую наработку составило 7, 8 и 12, что соответствует их вероятности безотказной работы 0,96; 0,955 и 0,935.

Другие сборочные единицы трансмиссии (ведущие мосты, коробка отбора мощности, карданная передача) имеют высокую вероятность

безотказной работы, которая соответственно составила значения от 0,95 до 1.

Показатели работоспособности (вероятность безотказной работы при наработке 500 и 1000 моточасов) агрегатов, систем и погрузчиков в целом приведены в таблице. Анализ значений таблицы показывает, что безотказную работу погрузчиков лимитирует гидропривод в целом, а также электрооборудование, трансмиссия, гидропривод рабочего оборудования, пневмосистема и двигатель.

Каждая из систем имеет свои сборочные единицы, лимитирующие вероятность безотказной работы. Так, для погрузчиков Амкодор 332 безотказную работу в гидросистеме рабочего оборудования определяют гидрораспределитель — 43 %; гидроцилиндры — 27 %; рукава высокого давления — 20 %. В электрооборудовании датчики указателя давления ДД-20 имеют 31 % отказов от общего числа отказов системы и соответственно датчики давления ДД-10 — 18 %; стартер — 11 %; комбинация приборов 282.3801010 — 9 %. В тормозной системе и пневмосистеме наибольшее число отказов наблюдалось по пневмокомпрессору — 32 % и тормозному крану — 23 %. По двигателю преимущественно отказы наблюдались по форсунке — 27 % и топливному насосу — 19 %.

Анализ работоспособности систем управления, трансмиссии и привода рабочего оборудования показал, что гидропривод лимитирует их безотказную работу. Объединив все гидроприводы погрузчика в целом, имеем самые низкие значения вероятности безотказной работы (рис. 1, кривая 9),

Рис. 1. Зависимость вероятности безотказной работы погрузчика Амкодор 332 от наработки с начала эксплуатации:

1 — рабочее оборудование; 2 — системы управления; 3 — рама; 4 — кабина (подвеска сиденья); 5 — трансмиссия; 6 — гидросистема рабочего оборудования; 7 — двигатель; 8 — электрооборудование; 9 — гидропривод погрузчика (в целом)

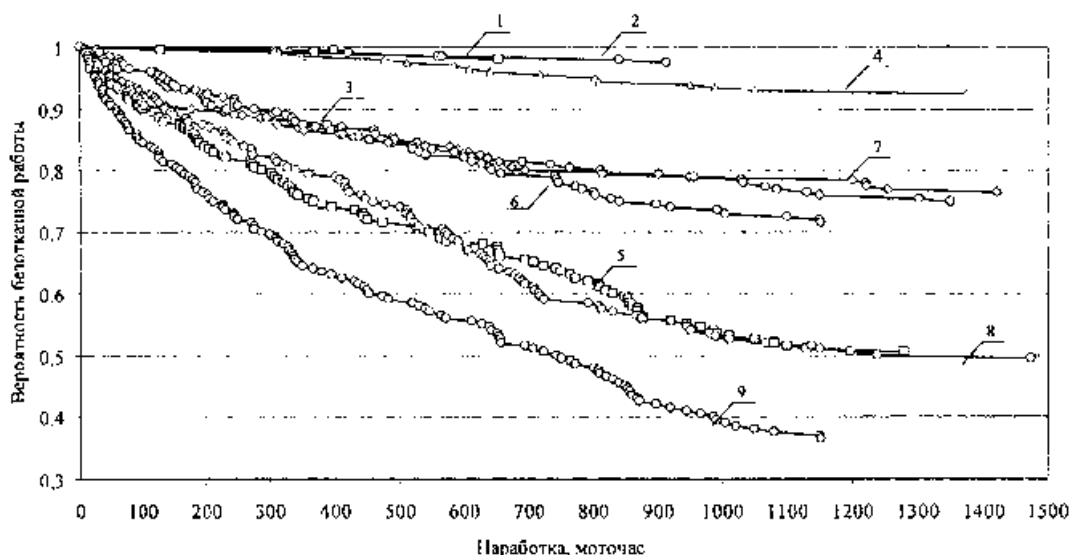


Таблица
Показатели работоспособности систем и агрегатов погрузчика Амкорд 332

№ по пор.	Сборочная единица	Показатели работоспособности	
		P ₅₀₀	P ₁₀₀₀
1	Кабина (подвеска сиденья)	0,976	0,934
2	Двигатель	0,844	0,789
3	Рулевое управление	0,932	0,902
4	Электрооборудование	0,74	0,527
5	Пневмосистема и тормозная система	0,849	0,797
6	Гидросистема рабочего оборудования	0,843	0,737
7	Трансмиссия	0,712	0,533
8	Рабочее оборудование	0,987	0,980
9	Гидропривод в целом	0,59	0,39
10	Погрузчик в целом	0,28	0,11

что придает особую значимость исследований работоспособности гидропривода погрузчика.

Кроме того, исследования по работоспособности гидрофицированных машин [3] показали, что отказы гидропривода составляют до 50 % всех отказов. Эти значения подтверждаются и при исследованиях работоспособности подконтрольных погрузчиков (рис. 2).

Комплексный показатель надежности — коэффициент технического использования ($K_{ТИ}$) для погрузчика Амкорд 332 при наработке 500, 1000, 1500 моточасов соответственно имел значения 0,97, 0,90,

0,88, т. е. с увеличением наработки с начала эксплуатации среднее количество отказов и продолжительность их устранения возрастают, что снижает использование машины в соответствии с ее функциональным назначением.

Реализовать потенциальные возможности повышения эффективности технической эксплуатации можно при увеличении периода продолжительности устойчивой обратной связи изготовителя и эксплуатирующих организаций. Эта связь не должна ограничиваться только передачей информации о надежности деталей и сборочных единиц изготовителю. Он должен брать под контроль машины на весь срок службы — от главного конвейера до списания.

В этом случае будут успешно решаться следующие задачи: выявление причин отказов; определение норм показателей надежности; выявление элементов, лимитирующих надежность машин; обоснование норм расхода запасных частей, периодичности проведения ТО и ремонта и их количества; выявление влияния режима работы машины и квалификации машиниста на надежность; выявление влияния условий эксплуатации на надежность; определение экономической эффективности мероприятий по повышению надежности; формирование сборочных единиц для обеспечения агрегатного метода ремонта.

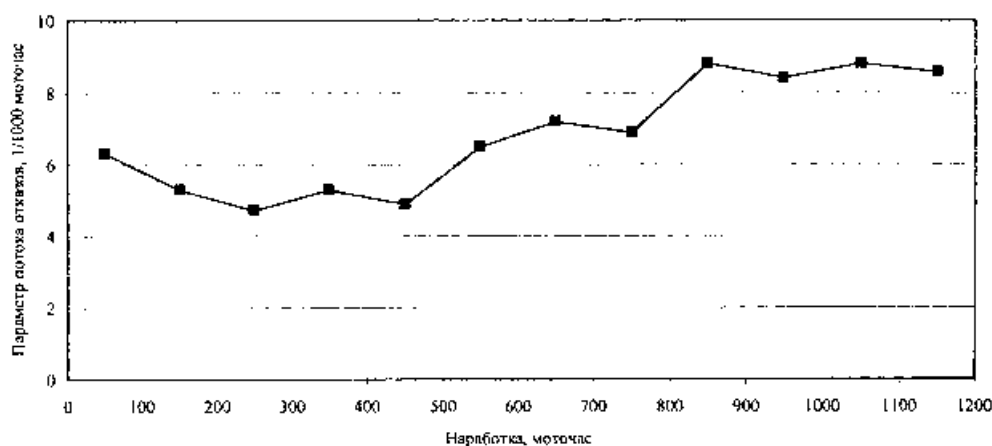


Рис. 2. Параметр потока отказов погрузчиков Амкорд 332 на каждые 100 моточасов работы

С повышением уровня сложности машин остро встал вопрос о кадрах по поддержанию и восстановлению работоспособности СДМ и о запасных частях, многие из которых (особенно это касается сборочных единиц гидропривода) уже нельзя изготовить в условиях ремонтных мастерских управлений механизации. Очевидна необходимость перехода на сервисное обслуживание и ремонт СДМ под контролем предприятия-изготовителя.

При оценке эффективности строительного производства по критерию получаемой прибыли учет приведенных факторов позволит объективно оценить целесообразность использования СДМ. Однако эту задачу можно решить при оценке эффективности работы каждой машины в технологическом процессе строительного производства, при планировании и организации поддержания и восстановления ее работоспособности с учетом наработки с начала эксплуатации и использования информационных технологий.

Основные причины отказов и диагностические параметры по оценке работоспособности гидропривода

В современных СДМ гидропривод преимущественно используется в управлении машиной, приводе ее рабочего оборудования и трансмиссии. Элементами любого гидропривода являются насосы, гидродвигатели, аппаратура управления, гидроемкости, гидролинии и фильтры.

Основной причиной отказов гидродвигателей, гидронасосов и аппаратуры управления (70—90 %) являются механические примеси в рабочей жидкости (РЖ) [4]. Причем их ресурс увеличивается на порядок при снижении размеров частиц с 20 до 5 мкм.

В зарубежной технике (экскаватор JCB JS220) обеспечивается тонкость очистки 1,5 мкм, что позволяет в разы повысить ресурс гидропривода в целом.

В процессе эксплуатации гидрофицированной машины важно обеспечить необходимую степень очистки рабочей РЖ и технологию ее замены, исправность фильтров, прогнозирование остаточного ресурса сборочных единиц гидропривода и их ремонт только на специализированных предприятиях с обеспечением 5-го качества точности.

Неисправности многих сборочных единиц гидропривода имеют общие признаки, что позволяет уменьшить количество диагностических параметров и приборов для их определения. Так, при неисправностях гидронасоса, гидромотора (гидроцилиндра), аппаратуры управления, напорного и рабочего контуров изменяется давление, т. е. измерением давления и его перепадов можно оценивать их работоспособность.

В соответствии с действующим методическим документом в Российской Федерации (МДС 12-20.2004) [5] номинальное и максимальное давления, а также перепад давления на отдельных сборочных единицах являются тремя из пяти основных параметров при диагностировании внутреннего состояния гидросистемы и ее отдельных сборочных единиц. Приведенные схемы и алгоритмы предусматривают, как правило, использование стенов шести размерных групп мощностью от 11 до 500 кВт с подключением их в гидросистему через ее разгерметизацию. Диагностирование в рабочем режиме проводится без применения специальных нагрузочных средств, но требуется бортовая системы для непрерывного контроля за подачей, расходом и давлением в важнейших точках гидросистемы, что значительно усложняет ее конструкцию.

Определять давление и его перепад на основных сборочных единицах гидропривода в рабочем режиме можно с помощью прибора, разработанного в Белорусско-Российском университете и прошедшего первичные испытания в производственных условиях без нагрузки и в рабочем режиме. Оценка работоспособности СДМ с помощью этого прибора позволит определить предельные значения контролируемых параметров (давление и его перепад) и выявить сборочные единицы, требующие замены в период планового технического обслуживания или ремонта.

Интенсивность изменения вероятности безотказной работы гидропривода рабочего оборудования и его отдельных сборочных единиц представлена на рис. 3. Более низкой работоспособностью у исследуемых погрузчиков обладает гидрораспределитель, а гидроцилиндры, гидронасосы и рукава высокого давления (РВД) имеют более высокую вероятность безотказной работы.

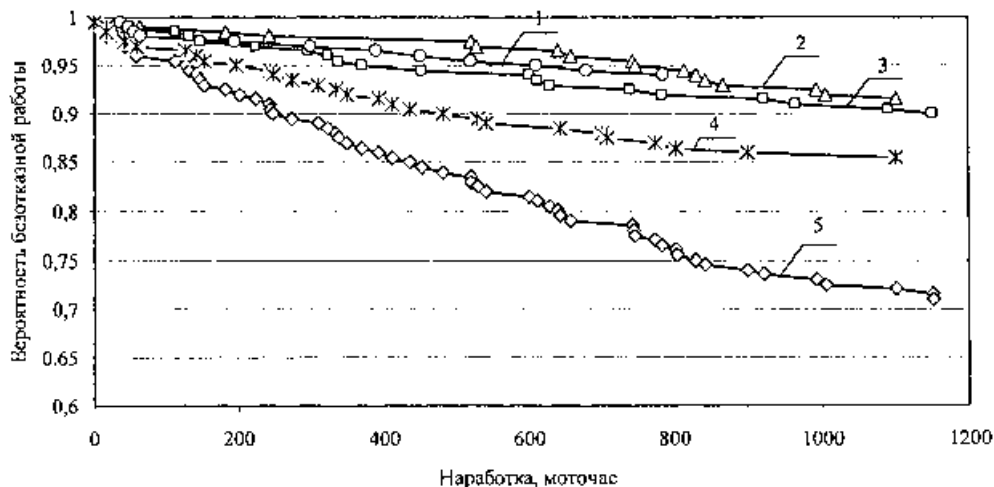


Рис. 3. Зависимость вероятности безотказной работы сборочных единиц гидропривода рабочего оборудования погрузчика Амкодор 32 от наработки с начала эксплуатации:

1 — гидронасос; 2 — РВД; 3 — гидроцилиндры; 4 — гидрораспределитель; 5 — гидросистема рабочего оборудования

Важно в процессе использования гидрофицированной машины оценить предельное состояние сборочных единиц гидропривода без его разгерметизации [6, 7].

Одним из основных параметров контроля работоспособности гидропривода, наиболее полно характеризующим его техническое состояние, является его объемный КПД. Однако в связи с невозможностью непосредственного (прямого) измерения объемного КПД гидропривода без его разгерметизации при диагностировании используют внешние (выходные) характеристики, а также учитывают сопутствующие процессы, возникающие при выполнении рабочих операций. Такие диагностические параметры, как частота вращения вала гидромашин, скорость перемещения штоков гидроцилиндров, величина и скорость изменения давления, температура РЖ, концентрация механических включений в РЖ и другие, дают конкретную информацию о техническом состоянии диагностируемого гидрооборудования.

Следует отметить особую важность такого диагностического параметра, как давление в гидросистеме. Так, при диагностировании большинства сборочных

единиц гидропривода приходится сталкиваться с измерением как номинального и максимального давлений в контурах, так и перепада давления в гидроаппаратах и на отдельных участках гидросистемы.

Измерения давления порою сопряжено со значительными затратами времени на сборочно-разборочные операции и в отдельных случаях ведет к нарушению герметичности гидросистемы машины. Сокращение времени на диагностику и сохранение герметичности гидросистемы является одной из задач технического обслуживания машин.

На примере гидросистемы погрузчика Амкодор-332 рассмотрим способ диагностирования различных агрегатов, входящих в состав его гидросистемы без нарушения ее герметичности. Способ основан на измерении давления в гидролиниях с помощью накладных датчиков (рис. 4). Этим методом можно диагностировать гидроагрегаты по величине номинальных и максимальных давлений, а также по перепаду давлений.

Так, при поэлементном диагностировании аксиально-поршневого насоса рабочего оборудования погрузчика необходимо измерять следующие диагностические параметры: номинальное давление

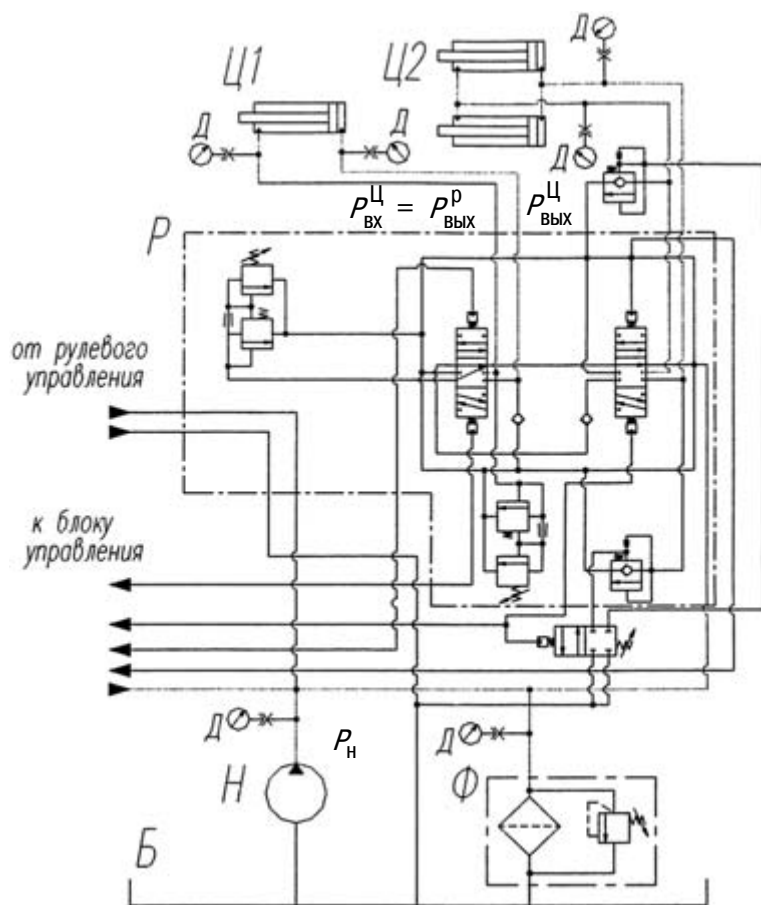


Рис. 4. Схема гидравлическая принципиальная рабочего оборудования погрузчика Амкодор-332:

Б — гидравлический бак; Д — датчик измерения давления; Н — насос; Р — распределитель; Ф — фильтр; Ц1, Ц2 — гидроцилиндры

в напорном контуре p_n , максимальное давление и амплитуду пульсации давления, что возможно путем установки датчика на напорный трубопровод насоса (рис. 4).

При диагностировании гидрораспределителя контролируемым диагностическим параметром будет являться перепад давления Δp , который находится как разность давлений на входе в гидрораспределитель и выходе из него $\Delta p = p_n - p_{\text{вых}}^p$ (рис. 4).

При диагностировании предохранительного клапана диагностическим параметром будет давление срабатывания в крайнем положении штока гидроцилиндра. Предел редуцированного давления при изменении его на выходе распределителя является диагностическим параметром для редуциционного и обратного клапанов.

При диагностировании гидроцилиндров используются следующие диагностические пара-

метры: максимальное и номинальное давления $p_{\text{ц вх}}$, давление срабатывания и давление холостого хода. Измерение этих давлений также возможно путем установки накладных датчиков в напорный и сливной трубопроводы гидроцилиндра (рис. 4).

При диагностировании фильтров одним из диагностических параметров является перепад давления. Измерение этого параметра также возможно с помощью накладного датчика, установленного на входном трубопроводе фильтра.

При предельных значениях этих параметров сборочные единицы гидропривода снимаются и заменяются ранее отремонтированными или новыми, что позволяет обеспечить агрегатный метод ремонта с сокращением трудоемкости и времени простоев машины при восстановлении ее работоспособности.

Исследования для погрузчиков с различной наработкой с начала эксплуатации показали значительное изменение перепадов давления с увеличением наработки.

По интенсивности изменения выбранных диагностических параметров (давление, перепад давления) можно определить остаточный ресурс контролируемой сборочной единицы гидропривода [8].

Заключение

1. Исследования по оценке работоспособности погрузчиков показали самую высокую интенсивность снижения вероятности безотказной работы с увеличением наработки с начала эксплуатации для гидропривода в целом, которая к наработке 1000 моточасов составила 0,39.

2. Комплексный показатель надежности — коэффициент технического использования с возрастанием наработки с начала эксплуатации погрузчиков значительно снижается, а параметр потока отказов и продолжительность их устранения увеличиваются, что снижает эффективность использования машины в соответствии с ее функциональным назначением.

3. Внедрение диагностики по предлагаемому методу без нарушения герметичности гидросистемы позволит организовать агрегатный метод ремонта сборочных единиц и повысить работоспособность гидропривода машины в целом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Зорин, В.** Основы работоспособности технических систем: учебник для вузов [Текст] / В. Зорин. — М.: Магистр-Пресс, 2005. — 536 с.
2. **ГОСТ 27.002—89.** Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. М. — 37 с.
3. **Эксплуатация** и техническое обслуживание дорожных машин, автомобилей и тракторов: учебник для сред. проф. образования [Текст] / С. Ф. Головин, В. М. Коншин, А. В. Рубайлов и др.; Под ред. Е. С. Локшина. — М.: Мастерство, 2002 — 464 с.
4. **Максименко, А. Н.** Влияние качества рабочей жидкости на работоспособность гидропривода [Текст] / А. Н. Максименко, Д. В. Бездников, В. В. Кутузов, В. В. Васильев, О. В. Борисенко // Грузовик &. — 2007. — № 7. — С. 26—28.
5. **Механизация** строительства. Организация диагностирования строительных и дорожных машин. Диагностирование гидроприводов. МДС 12-20.2004 / ЦНИИОМТП. — М.: ГУП ЦПП, 2004. — 30 с.
6. **Максименко, А. Н.** Повышение работоспособности гидропривода строительно-дорожных машин [Текст] / А. Н. Максименко, Д. В. Бездников, В. В. Кутузов, В. В. Васильев // Грузовик &. — 2008. № 9. — С. 23—27.
7. **Максименко, А. Н.** Влияние качества изготовления и технической эксплуатации на работоспособность строительных и дорожных машин [Текст] / А. Н. Максименко, В. В. Кутузов, А. Н. Федосов, В. В. Кляусов // Строительная наука и техника. — 2009. — № 3 (24). — С. 68—73.
8. **Максименко, А. Н.** Планирование и организация восстановления работоспособности строительных и дорожных машин с учетом их технического состояния [Текст] / А. Н. Максименко, Д. Ю. Макацария, В. В. Кутузов, Д. В. Бездников // Механизация строительства. — 2008. — № 1. — С. 9—12.

Вниманию читателей!

ООО "ИЗДАТЕЛЬСТВО МАШИНОСТРОЕНИЕ"

принимает подписку на журналы на 2010 г.

Подпишитесь в Издательстве и Вы

- получите журналы с первого номера;
- сэкономите на стоимости почтовой доставки;
- узнаете о новых книгах и журналах Издательства.

Постоянным подписчикам предоставляется скидка на подписку и публикацию рекламных объявлений.

Присылайте заказ и обращайтесь за дополнительной информацией

в отдел продаж, маркетинга и рекламы

107076, г. Москва, Стромьинский пер., д. 4

Тел.: (499) 269-66-00, 269-52-98; факс (499)269-48-97

E-mail: realiz@mashin.ru; www.mashin.ru