

УДК 625.08.004

**А. Н. Максименко**, канд. техн. наук, **И. В. Лесковец**, канд. техн. наук,  
**В. В. Кутузов**, магистр техн. наук, **Д. В. Бездников**, магистр техн. наук,  
Белорусско-Российский университет, г. Могилев, Республика Беларусь  
E-mail: maksimenko.bru@yandex.ru

---

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН НА ЭТАПЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ИХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА С УЧЕТОМ ДИНАМИКИ ВЫХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ

---

*В статье рассматривается комплексный подход к обеспечению работоспособности строительных и дорожных машин с учетом снижения эксплуатационных затрат и контроля снижения производительности на этапе эксплуатации их жизненного цикла.*

**Ключевые слова:** гидропривод, диагностика, строительные и дорожные машины, индивидуальный подход, эксплуатационные затраты, работоспособность, производительность, себестоимость машиночаса.

---

Эффективность любого производства обеспечивается современными технологиями и техническими средствами по их реализации. Причем машины для перспективных технологий значительно превышают по стоимости машины, реализующие традиционные технологии. Здесь важно учитывать качество производимой продукции, экономию материалов и энерго-ресурсов, а также динамику выходных параметров машин в процессе их использования. К сожалению, при планировании и организации производственных процессов изменения выходных параметров машин на этапе их эксплуатации не учитываются, что приводит к ошибкам на величину свыше 50 %.

Математическая модель и методика оценки эффективности использования строительных и дорожных машин (СДМ) при реализации современных технологий в дорожной отрасли и учете динамики их выходных параметров приведена в работе [1]. Для повышения эффективности использования СДМ важно обеспечить поддержание и восстановление работоспособности машин с учетом динамики эксплуатационных затрат и производительности на этапе эксплуатации их жизненного цикла. Мониторинг работоспособности машины по текущим значениям контролируемых параметров позволяет определить предельные значения себестоимости механизированных работ, суммарную наработку и прибыль при ее использовании по функциональному назначению.

### Обеспечение работоспособности СДМ на этапе эксплуатации их жизненного цикла

В процессе эксплуатации СДМ важно обеспечить их работоспособность с рациональными значениями выходных параметров, которые изменяются в процессе использования машины. По данным исследований авторов [2] отказы гидропривода составляют до 50 % отказов гидрофицированной машины. Анализ изменений вероятности безотказной работы сборочных единиц и систем погрузчика Ам-кодор 332 [3] подтверждает выводы авторов [2]. При планировании и организации поддержания и восстановления работоспособности СДМ необходимо учитывать результаты по отказам гидропривода. Техническое состояние гидропривода важно контролировать и потому, что его КПД изменяется от 0,95 до 0,4 с повышением наработки гидрофицированной машины с начала эксплуатации. Такое снижение КПД гидропривода уменьшает техническую производительность практически в два раза и эти изменения необходимо учитывать при планировании и организации использования СДМ на этапе эксплуатации их жизненного цикла.

Важнейшими факторами, лимитирующими наработку до отказа гидронасосов, гидродвигателей и аппаратуры управления является количество механических примесей в рабочей жидкости (РЖ) и их размеры

(снижение размеров с 20 до 5 мкм увеличивает ресурс насосов в 10 раз). Заложив при проектировании тонкость очистки РЖ менее 5 мкм и максимальную наработку ее замены с учетом рекомендуемой технологии можно обеспечить работоспособность основных элементов гидропривода на протяжении ресурса машины (фирмы JSB обеспечивает тонкость очистки РЖ 1,5 мкм с наработкой ее замены 6000 моточасов, что позволяет стабилизировать техническую производительность на этапе эксплуатации). Такие параметры, заложенные на этапе проектирования и изготовления машины, обеспечивают эксплуатацию ее с минимальными затратами на поддержание и восстановление работоспособности.

При организации использования гидрофицированных машин КПД гидропривода не должно снижаться менее 0,7, т. к. себестоимость механизированных работ возрастает из-за снижения производительности. Только учет стоимости машины и динамики себестоимости машиночаса и производительности машины на этапе эксплуатации ее жизненного цикла позволяет руководителю принять рациональное решение о приобретении современных СДМ.

В настоящее время решения по приобретению техники, планированию ее использования, ремонта или списания принимаются руководителем на основе накопленного опыта. Важно к опыту руководителя предоставить анализ изменений технико-экономических показателей в процессе использования каждой машины и парка в целом. На объектах дорожной отрасли увеличивается количество перспективной техники с более высокой стоимостью. И решение руководителя, приобретающего эту технику, объясняется снижением общих затрат от ее стоимости и затрат на обеспечение работоспособности в процессе эксплуатации, которые превышают первые на порядок. Для проведения анализа эффективности использования современной техники важно также учитывать динамику выходных параметров машины на этапе эксплуатации и стратегию обеспечения ее работоспособности.

На этапе эксплуатации жизненного цикла машины оценку значений параметров, характеризующих работоспособное состояние, необходимо обеспечивать не по усредненным значениям с указанием достоверной вероятности, а по фактическим, определяемым по результатам диагностирования и (или) индивидуального учета, который уже ведется на предприятиях дорожной отрасли с установкой приборов на каждую машину, определяющих расход то-

плива, наработку, полезное время работы, простой и другие показатели. Для автоматизации оценки эффективности использования и обеспечения работоспособности машин предложены методы и алгоритмы определения наработки до предельного значения всех контролируемых параметров, характеризующих ее функциональное назначение [4—7].

Анализ динамики выходных параметров с экономической оценкой эффективности использования машины позволит определить изменения области ее работоспособности. Снижение интенсивности изменений контролируемых параметров и их качественное улучшение техническим воздействием позволяют расширить область работоспособного состояния машины и повысить эффективность использования парка СДМ в целом.

Это возможно только при внедрении диагностирования, которое позволит определять остаточный ресурс и своевременно устанавливать сроки замены сборочных единиц (СЕ) при плановых ТО и ремонтах в соответствии с алгоритмом, приведенным в работе [7]. Безусловно, такой подход возможен при наличии подготовленного персонала, использовании информационных технологий и требует создания базы данных по каждой машине парка и создание или приобретение технических средств диагностики. Для гидропривода, как наиболее слабого звена работоспособности гидрофицированных машин, в Белорусско-Российском университете создан прибор, позволяющий без разгерметизации гидравлической системы обеспечить оценку ее технического состояния. Диагностика гидропривода существующими техническими средствами требует проведения разборочно-сборочных работ, что сопряжено со значительными затратами времени и нарушением целостности и герметичности гидросистемы. Трудоемкость диагностики гидропривода традиционным способом [8] на примере насоса 44,2 чел. мин., а трудоемкость диагностики с помощью разработанного прибора составила 14 чел. мин (табл. 1). Трудоемкость поэлементной диагностики гидропривода погрузчика Амкодор 332 традиционным способом [8] составляет 528 чел. мин, а трудоемкость диагностики с помощью разработанного прибора составила 153 чел. мин. Сокращение времени на диагностику с расширением параметров оценки работоспособности гидропривода СДМ без нарушения его герметичности является одной из важных задач их технического обслуживания и ремонта.

# ЭКСПЛУАТАЦИЯ. РЕМОНТ

Сравнение показаний контрольного манометра и разработанного прибора КДГ-01 в диапазоне давлений от 0 до 16 МПа приведено в табл. 2. Кроме того, с помощью разработанного прибора можно на всех гидролиниях гидравлической системы определять температуру рабочей жидкости и перепад давлений в сборочных единицах, а также напорных и сливных трубопроводах.

Внедрение такой диагностики позволит оценивать эффективность применения машины с учетом

определения предельных значений контролируемых (диагностических) параметров, влияющих на ее производительность, себестоимость машиночаса и себестоимость механизированных работ. Мониторинг динамики изменений этих технико-экономических показателей позволит оценивать эффективность использования и рациональную продолжительность этапа эксплуатации машины.

Таблица 1

Сравнение способов диагностирования традиционным и предложенным способом

Диагностирование насоса с помощью прибора КИ-1097			Диагностирование насоса с помощью прибора КДГ-01		
Операции	Приспособления	Трудоемкость, чел. мин	Операции	Приспособления	Трудоемкость, чел. мин
Отсоединить трубопровод высокого давления, соединяющий насос и гидрораспределитель	Ключ 32	5,5	Разместить датчики сжатия на напорном рукаве насоса	Прижимное устройство КДГ-01	1,0
Слить масло из трубопровода	Емкость	1,5	Разместить температурные накладные датчики на корпусе насоса	Прижимное устройство КДГ-01	2,0
Соединить напорный рукав диагностического прибора с насосом	Ключ 32	5,5	Запустить двигатель погрузчика	—	0,3
Соединить сливной рукав диагностического прибора с баком погрузчика	Ключ 27	1,5	Прогреть масло в гидросистеме до 45—50°	—	5,0
Запустить двигатель погрузчика	—	0,3	Создать нагрузочный режим для насоса и снять показания датчиков	—	5,0
Прогреть масло в гидросистеме до 45—50°	—	5,0	Выполнить расчеты КПД насоса	—	0,5
Установить номинальную частоту двигателя погрузчика	—	0,1			
С помощью диагностического прибора установить давление в гидросистеме 10 МПа	КИ-1097	0,5	Отсоединить датчики	—	0,2
Снять показания расхода на диагностическом приборе	КИ-1097	0,2			
Выполнить расчеты КПД насоса	—	10,0			
Остановить двигатель погрузчика	—	0,1			
Отсоединить напорный рукав диагностического прибора от насоса	Ключ 32	5,5			
Слить масло из трубопровода	Емкость	1,5			
Отсоединить сливной рукав диагностического прибора	Ключ 27	1,5			
Установить трубопровод, соединяющий насос и гидрораспределитель	Ключ 32	5,5			
ИТОГО:		44,2			

Сравнение показаний прибора КДГ-01 с показаниями контрольного манометра

Показания контрольного манометра, МПа	Показания прибора КДГ-01					
	Рукав высокого давления 2SN DIN EN 853 DN 6		Рукав высокого давления 2SN DIN EN 853 DN 12		Рукав высокого давления 2SN DIN EN 853 DN 16	
	Номинальное значение	Погрешность, %	Номинальное значение	Погрешность, %	Номинальное значение	Погрешность, %
0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
1	1,02	2,0	1,04	4,0	0,99	1,0
2	2,07	3,5	2,09	4,5	2,05	2,5
3	3,08	2,6	3,10	3,3	3,09	3,0
4	4,10	2,5	4,12	3,0	4,08	2,0
5	5,14	2,8	5,15	3,0	5,12	2,4
6	6,01	1,6	6,08	1,3	6,14	2,3
7	7,12	1,7	7,11	1,5	7,10	1,4
8	8,15	1,8	8,10	1,2	8,22	2,7
9	9,06	0,6	9,19	1,1	9,26	2,8
10	10,21	2,1	10,22	2,2	10,29	2,9
11	11,20	1,8	11,24	2,1	11,33	3,0
12	12,30	2,5	12,32	2,9	12,34	2,8
13	13,35	2,7	13,25	1,9	13,36	2,9
14	14,43	3,1	14,26	1,8	14,44	3,1
15	15,46	3,1	15,40	2,7	15,43	2,8
16	16,35	2,1	16,43	2,7	16,55	3,4

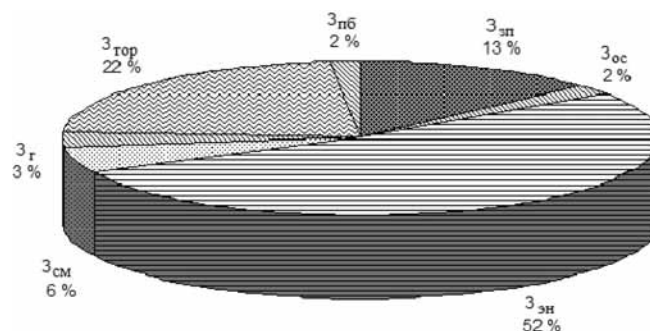
## Состояние вопроса, проблемы и перспективы снижения эксплуатационных затрат СДМ

В условиях ограниченного финансирования, выполнение запланированных объемов работ возможно при реализации каждой организацией внутренних резервов по снижению себестоимости единицы выполненных работ. В дорожной отрасли наибольшие затраты связаны с потребляемыми энергоресурсами, материалами и механизацией производственных процессов. Поэтому экономия строительных материалов и используемых энергоресурсов, а также снижение себестоимости механизированных работ приобретают в современных условиях особую значимость.

Эксплуатационные затраты в себестоимости машиночаса погрузчика Амкодор 332 составляют 75–86 %, из них, соответственно, 45–50 % топливо-смазочные материалы (ТСМ), 30–36 % поддержание и восстановление работоспособности, 9–13 % оплата труда рабочим по управлению машиной, менее 2 % — перебазировка. Основная составляющая себестоимости машиночаса — затраты на ТСМ, которые для СДМ определяются на машиночас без учета показаний приборов по расходу топлива или работы двигателя (рисунок).

Последний нормативный документ по составлению ресурсно-сметных норм не учитывает рекомендаций эксплуатации современных СДМ. Например,

расход гидравлического масла (рабочей жидкости — РЖ) завышен как минимум в 5 раз. В прошлом веке при сезонном обслуживании предусматривалась замена РЖ с небольшим ресурсом и без присадок. В настоящее время используются РЖ с ресурсом не менее 2000 моточасов, а для большинства современных гидросистем периодичность их замены равна 5000–6000 моточасов. Кроме того, увеличение расхода РЖ в 1,5 раза для восполнения систематических утечек при работе машины не выдерживает современ-



Распределение эксплуатационных затрат для погрузчика Амкодор 332:

З<sub>пл</sub> — на заработную плату машинистов при повременной системе оплаты труда, З<sub>эн</sub> — на энергосредства; З<sub>см</sub> — на смазочные материалы, З<sub>г</sub> — на гидравлические жидкости, З<sub>гор</sub> — ТО и ремонты, З<sub>со</sub> — на сменную оснастку, З<sub>пб</sub> — на перебазирование техники

ных требований по охране окружающей среды. Так, 1 г нефтепродуктов загрязняет 10 м<sup>3</sup> воды, а только для одной машины (погрузчик грузоподъемностью 3 т) планируются утечка в окружающую среду 189 кг РЖ и загрязнение около 2 млн м<sup>3</sup> воды. Индивидуальный подход к определению ресурсно-сметных норм должен учитывать особенности эксплуатации современных машин и ресурс используемых ТСМ.

Рациональное расходование ТСМ при эксплуатации СДМ относится к числу актуальных проблем экономии ресурсов. В настоящее время стоимость ТСМ составляет до 50 % затрат на эксплуатацию машинного парка. Можно выделить 5 основных направлений экономии ТСМ: совершенствование конструкций машин; работа двигателя в оптимальных режимах и сокращение времени холостого хода; поддержание машин в работоспособном состоянии в соответствии с техническими условиями на эксплуатацию; повышение качества машин и ТСМ; совершенствование норм расхода ТСМ с учетом условий эксплуатации.

Показателями топливной экономичности являются часовая и удельный расходы топлива на единицу эффективной мощности и на единицу выпущенной продукции. В современных двигателях используются электронные блоки управления подачей топлива. Экономия топлива в этом случае достигает 25 % за счет оптимизации подачи топлива от нагрузочного режима, температуры окружающей среды и температурного режима двигателя, частоты вращения коленчатого вала, положения распределительного вала, состава отработавших газов и т. д. Кроме того, в современных двигателях значительно возросло давление впрыска топлива. Для повышения качества распыла и горения топлива в перспективных двигателях внутреннего сгорания давление впрыска достигает 2000 МПа.

Один из основных путей экономии топлива при эксплуатации СДМ — сокращение времени работы ДВС на холостом ходу и оптимизация его нагрузочного и теплового режимов (до 90 % от номинальной мощности и 85—95 °С в системе охлаждения).

Техническое состояние СДМ является одним из основных факторов, влияющих на расход ТСМ. Основные потери происходят из-за неисправностей топливной системы. Так, неисправность одной форсунки приводит к увеличению расхода топлива до 25 % для четырехцилиндрового ДВС, а при неправильной установке угла опережения впрыска топлива потери его могут достигать 30 % от общего расхода. Неисправности в других системах ДВС, трансмиссии и

двигателе, как правило, вызывают значительный перерасход топлива.

Отрицательное влияние на расход ТСМ оказывают нарушения требований химмотологической карты, разработанный заводом-изготовителем эксплуатируемой машины.

Важным направлением снижения количественных и качественных потерь ТСМ является правильная организация получения, выдачи, транспортировки, хранения и заправки, а также планирование норм расхода, учета и отчетности по использованию средств механизации.

В современных СДМ интервал по замене гидравлической РЖ планируется через 5000—6000 моточасов, ресурс охлаждающих жидкостей — до 12 000 моточасов, т. е. практически замена их должна проводиться в 5 раз реже.

Рекомендации предприятий-изготовителей по замене масел и РЖ необходимо учитывать при планировании, учете и списании их в процессе эксплуатации СДМ. Поэтому для современных СДМ затраты на применяемые масла и рабочие жидкости можно определять по формуле:

$$Z_{\text{мрж}} = \frac{V_{\text{мрж}} \Pi_{\text{мрж}}}{H_{\text{мрж}}}, \text{ руб./моточас}; \quad (1)$$

где  $V_{\text{мрж}}$  — объем масла или рабочей жидкости (кроме моторного масла), расходуемый за назначенный ресурс, м<sup>3</sup> (л);  $\Pi_{\text{мрж}}$  — стоимость соответствующего масла или рабочей жидкости, руб./м<sup>3</sup> (руб./л);  $H_{\text{мрж}}$  — ресурс соответствующего масла или рабочей жидкости, моточас.

В процессе эксплуатации СДМ происходят количественные и качественные потери масел и рабочих жидкостей. Качественные потери ограничивают ресурс  $H_{\text{мрж}}$ , а количественные соответственно связаны со сгоранием, испарением, утечками и выбросами через систему вентиляции.

Утечки в атмосферу масел и РЖ при эксплуатации СДМ необходимо исключить и при аварийных ситуациях, дополнительный их расход необходимо оформлять актом. Практические потери от испарения характерны для моторного масла и охлаждающей жидкости. Однако при эксплуатации СДМ в систему охлаждения следует доливать только воду, так как этиленгликоль, входящий в состав охлаждающей РЖ, имеет температуру кипения 197 °С и практически не испаряется. Поэтому потери в процессе эксплуатации необходимо планировать только

# ЭКСПЛУАТАЦИЯ. РЕМОНТ

для моторных масел и необходимый объем  $V_{\text{мрж}}$  можно определять по формуле:

$$V_{\text{мрж}} = V_0 + V_{\text{д}}, \text{ м}^3(\text{л}); \quad (2)$$

где  $V_0$  — основной объем моторного масла, соответствующий вместимости системы смазки,  $\text{м}^3$  (л);  $V_{\text{д}}$  — дополнительный объем расходуемого масла, который составляет 0,5—3 % от расхода топлива. Максимальный процент расхода моторного масла соответствует наработке равной ресурсу ДВС.

Особое внимание необходимо обратить на планирование норм расхода топлива. В настоящее время в строительстве планирование и списание ТСМ для СДМ осуществляется на основании норм на 1 машиночас рабочего времени. Истоки такого подхода в планировании расхода топлива исходят из середины прошлого века, когда об экономии дизельного топлива речь не шла. Упрощенное планирование на машиночас рабочего времени без учета влияния условий эксплуатации и режимов работы машины было оправдано. В современных условиях строжайшей экономии энергоресурсов планировать расход дизельного топлива для СДМ на машиночас не отвечает требованиям программы экономии топливно-энергетических ресурсов.

Из официальных источников [9], регламентирующих расход топлива на машиночас, приведено его определение, где один машиночас включает в себя: время выполнения технологических операций; время на перемещение техники в пределах строительной площадки; время технологических перерывов в работе (в начале смены на выполнение подготовительных операций и сменного обслуживания, в течение смены на отдых и личные надобности и в конце смены на выполнение заключительных операций). С позиции повременной оплаты труда оператора, управляющего машиной, учет технологических и других перерывов оправдан, но ка-

ким образом они влияют на расход топлива при неработающем двигателе?

Наработка двигателя определяется по счетчику в моточасах и связана с рабочим временем через переходной коэффициент  $K_{\text{п}}$  со значениями от 0,25 до 0,8 [4, 9], т. е. списание топлива с учетом  $K_{\text{п}}$  приводит к значительной ошибке, т. к. он учитывает лишь средние условия эксплуатации машины.

В создавшейся ситуации проблему можно решить разработкой индивидуальных норм расхода топлива для каждой марки и модификации СДМ в зависимости от выполняемых технологических процессов аналогично нормированию и учету расхода для выполнения транспортных операций при регламентированной наработке в километрах пробега транспортных средств и учета дорожных условий. Нарботку СДМ при такой методике необходимо учитывать по приборам, устанавливаемым на машинах. В настоящее время на СДМ, как правило, устанавливаются только счетчики моточасов.

Более перспективное решение проблем связано с установкой электронных блоков, контролирующих наработку, расход топлива и нагрузочный режим работы двигателя, которые уже установлены на импортной технике.

В значительной степени расход топлива ниже, а производительность выше для машин с более высокими эргономическими свойствами и электронным управлением подачей топлива. На многие машины устанавливаются приборы по учету времени работы машины под нагрузкой. Анализ работы экскаваторов одной размерной группы ЭО-5126 и JS-220 показал эффективность экономии топлива при наличии бортовой системы управления его расходом, который приведен в табл. 3.

Расход топлива для экскаваторов 5-й размерной группы в сравниваемом варианте составляет 14—19 л/ч, отличающийся соответственно на 35 % и от факти-

Таблица 3

Технико-экономические показатели сравниваемых вариантов землеройных машин

Марка	Показатели оценки машин							
	Мощность, кВт	Масса, т	Рабочее давление в гидросистеме, МПа	Уровень шума в кабине, дБ	Количество параметров бортовой системы диагностики	Часовой расход топлива, л/ч	Фактический расход топлива, л/ч	Эксплуатационная производительность, $\text{м}^3/\text{ч}$
ЭО-5126	125	32	20	80	12	19	18,2	68
JS 220	102	23,7	26	74	36	14	13,1	115

чески израсходованного на 38 %. Расчетный расход топлива отклоняется от фактического на 20 %, что указывает на необходимость перехода к составлению норм с учетом потребления и заинтересованности обслуживающего персонала в экономии ТСМ используемых СДМ.

Кроме того, существующая методика планирования расхода топлива не заинтересовывает обслуживающий персонал в работе машины на оптимальных режимах и поддержании в исправном состоянии для обеспечения минимального расхода топлива.

Более высокие эргономические показатели экскаватора JS-220 и возможность контроля работоспособного состояния по 26 параметрам способствует более качественным выходным параметрам (производительности, расходу топлива и т. д.). Так, часовая производительность экскаватора JS-220, работающего в одинаковых условиях с ЭО-5126, выше на 40 %, а удельный расход топлива на единицу производимой работы соответственно ниже на 56 %. Комплексный показатель надежности — коэффициент технического использования ( $K_{ТИ}$ ) для сравниваемых вариантов в интервале наработки с начала эксплуатации до 2000 моточасов оказался выше для экскаватора JS-220 (0,93), чем для ЭО-5126 (0,89), что способствует более высокой годовой выработке и более низким эксплуатационным затратам на поддержание его работоспособности.

В целом можно сделать вывод, что более высокие выходные параметры СДМ способствуют снижению удельного расхода ТСМ, повышению объема полезно выполняемой работы и снижению эксплуатационных затрат на поддержание и восстановление их работоспособности.

Затраты на ТСМ и на обеспечение работоспособности машины являются основными составляющими себестоимости машиночаса и их изменения в совокупности с изменением производительности на этапе эксплуатации жизненного цикла машины позволяют определить рациональную суммарную наработку и прибыль в соответствии с методикой, приведенной в работе [1].

## Заключение

1. Обеспечение работоспособности СДМ необходимо планировать с учетом динамики основных технико-экономических показателей (себестоимо-

сти машиночаса, производительности) на этапе эксплуатации жизненного цикла машины.

2. Важнейшими составляющими эксплуатационных затрат являются затраты на ТСМ и обеспечение работоспособности СДМ (до 80 %).

3. Планирование и списание ТСМ необходимо проводить по наработке СДМ в моточасах или по приборам контроля расхода топлива.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Оценка** эффективности этапов жизненного цикла строительных и дорожных машин с учетом изменений технико-экономических показателей в процессе их эксплуатации / А. Н. Максименко, Г. С. Тимофеев, А. И. Лопатин, В. В. Кутузов, Е. В. Кутузова, Е. А. Косенко // Грузовик &. — 2013.
2. **Эксплуатация** подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин: учебник для студ. высш. учеб. заведений / А. В. Рубайлов [и др.]; под общ. ред. Е. С. Локшина. — М.: Академия, 2007. — 512 с.
3. **Повышение** работоспособности гидропривода строительных и дорожных машин при внедрении агрегатного метода ремонта и диагностики / А. Н. Максименко, И. В. Лесковец, В. В. Кутузов, Д. В. Бездников, Н. Н. Федосов, В. В. Сентюров // Грузовик &. — 2010. — № 4. — С. 5—11.
4. **Максименко А. Н.** Эксплуатация строительных и дорожных машин: учеб. пособие / А. Н. Максименко. — СПб.: БХВ-Петербург, 2006.
5. **Максименко А. Н.** Влияние качества изготовления и технической эксплуатации на работоспособность строительных и дорожных машин / А. Н. Максименко, В. В. Кутузов, А. Н. Федосов, В. В. Кляусов // Строительная наука и техника. — 2009. — № 3 (24). — С. 68—73.
6. **Максименко А. Н.** Информационные технологии в определении себестоимости машиночаса строительных и дорожных машин / А. Н. Максименко, Д. Ю. Макацария, Г. С. Тимофеев, С. Е. Кравченко, Л. В. Тимофеев, В. В. Васильев // Строительная наука и техника. — 2009. — № 2 (23). — С. 86—92.
7. **Максименко А. Н.** Повышение работоспособности гидропривода строительно-дорожных машин / А. Н. Максименко, Д. В. Бездников, В. В. Кутузов, В. В. Васильев // Грузовик &. — М.: Машиностроение. — 2008. — № 9. — С. 23—27.
8. **Механизация** строительства. Организация диагностирования строительных и дорожных машин. Диагностирование гидроприводов. МДС 12—20.2004 / ЦНИИОМТП. — М.: ГУП ЦПП, 2004.
9. **Механизация** строительства. Годовые режимы работы строительных машин. МДС 12—13.2003 / ЦНИИОМТП. — М.: ГУМ ЦПП, 2003.