

УДК

69.002.5+625.08

А. Н. Максименко,  
канд. техн. наук  
профессор,  
В. В. Кутузов,  
магистр техн.  
наук, асп.,  
Белорусско-  
Российский ун-т  
(г. Минск);  
А. Н. Сидоров,  
нач. гл. упр.  
эконом.  
Министерства  
архитектуры  
и строительства  
Республики  
Беларусь  
E-mail:  
maksimenko-bru@  
yandex.ru

# Влияние сезона и наработки с начала эксплуатации на производительность строительных и дорожных машин и себестоимость механизированных работ

*Рассмотрено влияние сезона и наработки с начала эксплуатации на производительность и себестоимость механизированных работ погрузчиков грузоподъемностью 3 т. Приведены исследования по установлению математической зависимости изменения годовой производительности в зависимости от коэффициента технического использования и внутрисменного режима работы.*

**Ключевые слова:** эксплуатация, производительность, себестоимость.

## Введение

Важнейшими показателями эффективной работы машины является ее эксплуатационная производительность и себестоимость механизированных работ [1—3].

В процессе увеличения наработки с начала эксплуатации значительно изменяются часовая эксплуатационная производительность машин через внутрисменный режим работы и соответственно годовая через количество рабочего времени.

Часовая эксплуатационная производительность зависит от технической производительности и коэффициента внутрисменной работы. Величина данного коэффициента для расчетов в настоящее время принимается в пределах

0,75—0,85, в то время как фактические значения находятся в пределах от 0,3 до 0,85.

Анализ работы строительных и дорожных машин (СДМ) показал, что фактические значения эксплуатационной производительности изменяются до 70 % за счет внутрисменного режима их использования, а годовой эксплуатационной производительности дополнительно снижаются до 50 % за счет снижения годового количества рабочего времени. Эти изменения важно учитывать при планировании и организации использования СДМ.

## Влияние сезона и наработки с начала эксплуатации СДМ на их внутрисменный режим и количество рабочего времени

Внутрисменный режим работы СДМ оценивается коэффициентом использования по времени ( $K_B$ ), и динамику его изменения целесообразно учитывать при планировании и организации эксплуатации конкретной машины. Определять его можно путем проведения хронометража техники, однако это длительный и сложный процесс, выполнение которого является трудоемким особенно для большого парка машин. Для целей планирования с достаточной точностью можно использовать коэффициент перехода от количества рабочего времени к наработке в моточасах ( $K_{II}$ ), значения которого соответствуют делению коэффициента внутрисменного режима использования на коэффициент, учитывающий работу СДМ на холостом ходу. Исследования [4] показывают различие значений  $K_B$  от  $K_{II}$  в пределах 0—15 %, что позволяет значительно точнее определять эксплуатационную производительность, а при исключении работы двигателя на холостых оборотах

ошибку можно полностью устранить. Определять коэффициент  $K_{\Pi}$  можно на основании показаний счетчиков моточасов и карточек учета использования машин, которые ведутся в каждой организации в соответствии с ГОСТ 25646—95. Значения  $K_{\Pi}$  зависят от наработки с начала эксплуатации машины и сезона ее применения. Средние значения коэффициента  $K_{\Pi}$  приведены в нормативной документации [5—7] и в основном используется для планирования годовой наработки и списания топлива.

Для оценки влияния сезона эксплуатации и старения техники на коэффициент внутрисменного режима ее работы был проведен хронометраж в течение года и обработана информация учета эксплуатации подконтрольных машин более чем за 10 лет.

Хронометраж работы СДМ в течение года показал, что коэффициент  $K_{\Pi}$  для погрузчика Амкодор 332 изменяется от 0,61 до 0,85. Меньшее значение соответствует зимнему сезону его эксплуатации из-за увеличения технологических перерывов и простоев по организационным причинам [4].

С увеличением наработки с начала эксплуатации СДМ происходит снижение коэффициента  $K_{\Pi}$  из-за увеличения перерывов на ежесменное техническое обслуживание и сопутствующих ему ремонтов, а также перерывов по конструктивно-техническим и организационным причинам. За рассматриваемый период с наработкой до капитального ремонта по результатам обработки карточек учета использования погрузчиков коэффициент  $K_{\Pi}$  изменялся от 0,8 до 0,6. Собранная статистическая информация обрабатывалась по рекомендациям, приведенным в литературе [8].

Изменение коэффициента  $K_{\Pi}$  в зависимости от наработки с начала эксплуатации приближается к линейной форме и с достаточной точностью (коэффициент

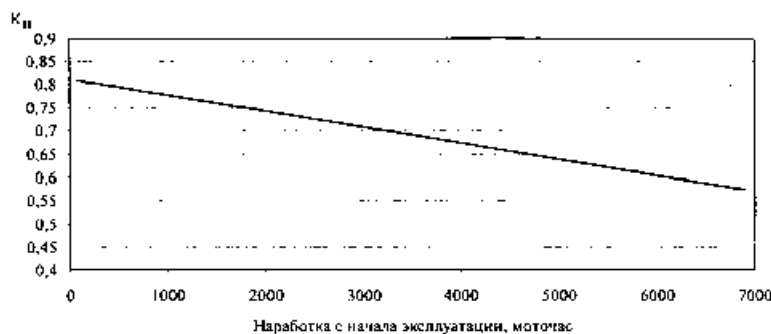


Рис. 1. Влияние наработки с начала эксплуатации на коэффициент внутрисменного использования для погрузчика грузоподъемностью 3 т

квадрата корреляции равен 0,957) описывается уравнением:

$$K_{\Pi} = 0,81 - 35 \cdot 10^{-6} H_{\Phi}, \quad (1)$$

где  $H_{\Phi}$  — наработка с начала эксплуатации, моточас.

Интенсивность снижения коэффициента  $K_{\Pi}$  в зависимости от наработки с начала эксплуатации представлена на рис. 1.

При планировании и организации производства работ для определения фактической производительности важно также учитывать сезон эксплуатации СДМ и их наработку с начала эксплуатации [9]. Динамика изменений  $K_{\Pi}$  от двух факторов для рассматриваемого класса погрузчиков изображена на рис. 2.

Основу информации по работе погрузчиков составили значения по результатам хронометража и карточкам учета работы СДМ. Численный расчет проводился с учетом профессионального пакета для статистической обработки данных "Statistica".

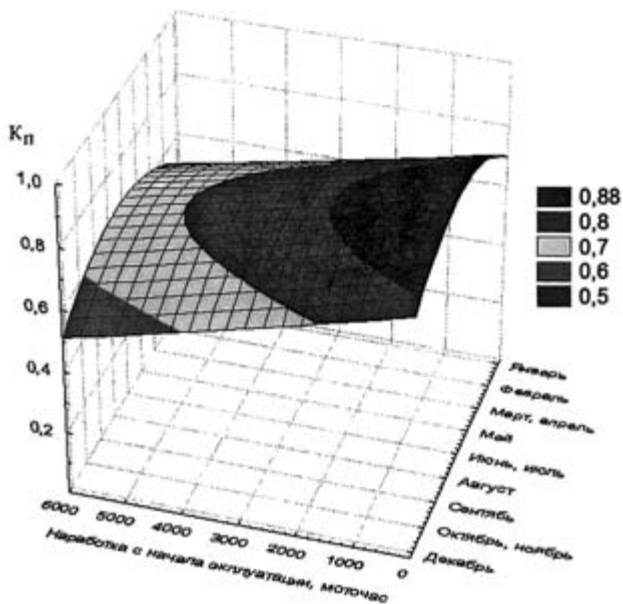
Коэффициент  $K_{\Pi}$  определялся по формуле:

$$K_{\Pi} = t_{\text{мот}}/t_{\text{маш}}, \quad (2)$$

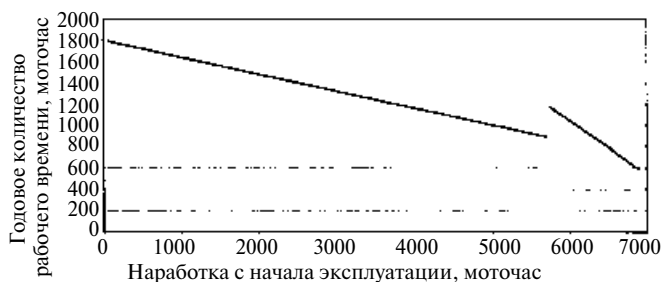
где  $t_{\text{мот}}$  — время работы машины, определяемое по счетчику моточасов, моточас;  $t_{\text{маш}}$  — время за рассматриваемый период, машиночас.

Процесс старения техники оказывает влияние и на годовое количество рабочего времени из-за увеличения простоев

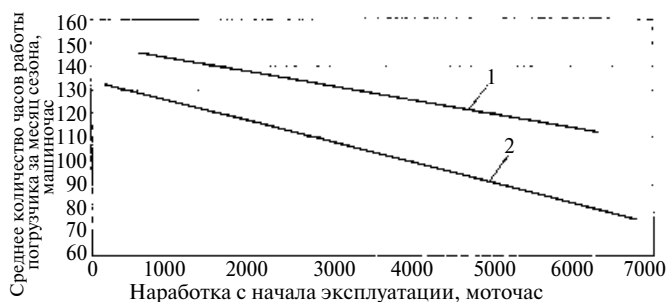
РЕД. КВАРТАЛ. ЭКСПЛУАТАЦИЯ. РЕ



**Рис. 2.** Влияние наработки с начала эксплуатации и сезона эксплуатации погрузчиков грузоподъемностью 3 т на коэффициент внутрисменного режима работы



**Рис. 3.** Влияние наработки с начала эксплуатации погрузчика грузоподъемностью 3 т на его количество рабочего времени в году



**Рис. 4.** Влияние наработки с начала эксплуатации на количество часов работы погрузчика грузоподъемностью 3 т в зимний и летний периоды времени:

1 — летний сезон, 2 — зимний сезон

в технических обслуживаниях и ремонтах [10], что приводит к значительному снижению годовой эксплуатационной производительности. Для рассматриваемого класса погрузчиков производства "Амкорд" фактическое годовое количество рабочего времени в машино­часах изменялось от 1700 в интервале наработки 0—1500 мото­час до 820 перед наработкой 6000 мото­час, соответствующей капитальному ремонту, т. е. произошло его снижение на 52 %. Обработка экспериментальных данных позволила установить зависимость годового количества рабочего времени от наработки с начала эксплуатации (рис. 3). При­чем рабочее время в зимний период эксплуатации погрузчика с увеличением наработки снижается более интенсивно (рис. 4). Так, рабочее время за месяц в зимний период первого года эксплуатации при наработке до 1000 мото­час составило 130 машино­час и соответственно в год при наработке перед капитальным ремонтом 85 машино­час, т. е. снизилось на 35 %. Это объясняется более сложными процессами поддержания работоспособности машин в зимний период эксплуатации с увеличением их наработки с начала эксплуатации.

#### **Влияние коэффициента внутрисменного режима работы и наработки с начала эксплуатации погрузчиков на годовую производительность и себестоимость механизированных работ**

Эффективность использования СДМ определяется объемами выполненных работ и затратами на поддержание и восстановление их работоспособности.

Максимально возможная производительность СДМ при непрерывной работе (техническая производительность  $P_T$ ) учитывает конструктивные свойства машин, а также условия производства работ, разрыхление или уплотнение материала, степень использования рабочего оборудования.

Техническая производительность в процессе старения машины изменяется в пределах 5—10 % из-за снижения мощности двигателя и скоростных параметров, а эксплуатационная производительность — более 25 %, т. е. интенсивность снижения технической производительности в 2,5—5 раз ниже эксплуатационной за рассматриваемый интервал времени.

Для анализа влияния наработки с начала эксплуатации СДМ ( $H_\Phi$ ) на эксплуатационную про-

изводительность погрузчиков значение  $P_T$  в этом интервале времени принята постоянной, равной по результатам хронометража  $51,3 \text{ м}^3/\text{ч}$  для средних условий.

В этом случае часовая эксплуатационная производительность определяется по формуле:

$$P_3 = P_T K_{\Pi}, \quad (3)$$

где  $K_{\Pi}$  — коэффициент внутрисменного режима работы.

Для анализа динамики изменения параметров  $P_3$  от наработки  $H_{\Phi}$  значение коэффициента  $K_{\Pi}$  получены на основе анализа эксплуатации подконтрольных погрузчиков (см. таблицу).

С увеличением наработки с начала эксплуатации эксплуатационные затраты для отдельных машин парка возрастают до 50 % [11] по сравнению с аналогичными затратами в первый год эксплуатации при снижении годовой эксплуатационной производительности. Для рассматриваемых погрузчиков эксплуатационные затраты возросли на 21 %, а часовая эксплуатационная производительность снизилась до 30 % при наработке 6000 моточас

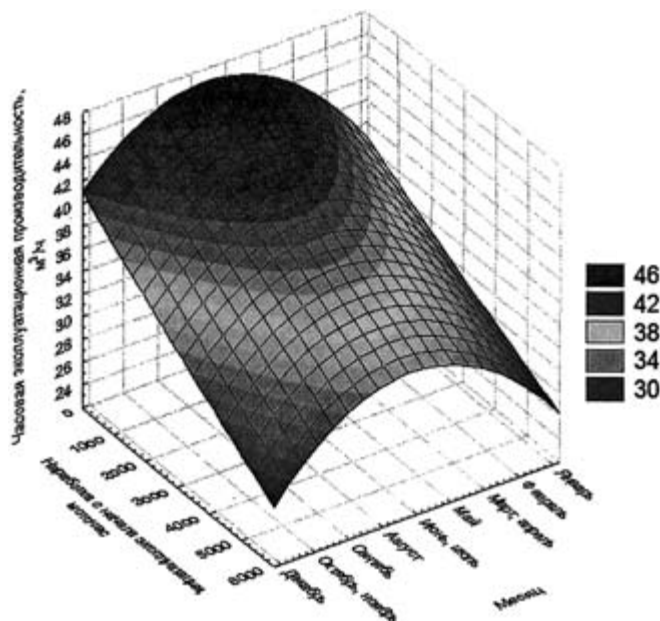


Рис. 5. Влияние сезона и наработки с начала эксплуатации на часовую эксплуатационную производительность погрузчиков грузоподъемностью 3 т

по сравнению с наработкой 1000 моточас (см. таблицу). Динамика изменения часовой эксплуатационной производительности от наработки с начала эксплуатации и сезона эксплуатации погрузчика приведена на рис. 5.

Таблица

Влияние наработки с начала эксплуатации погрузчиков на их эксплуатационную производительность и себестоимость механизированных работ

Технико-экономические показатели	Год эксплуатации							
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Среднее значение коэффициента внутрисменного режима работы за год	0,80	0,76	0,71	0,68	0,65	0,60	0,64	0,58
Средняя часовая эксплуатационная производительность, $\text{м}^3/\text{ч}$	41,1	39	36,4	34,9	33,4	30,8	32,8	29,8
Наработка за год, моточас	1309	1186	917	826	779	492	703	432
Наработка с начала эксплуатации на начало года, моточас	380	1689	2875	3792	4618	5397	5889	6592
Годовое количество рабочего времени ( $T_{\text{ч}}$ ), машиночас	1700	1581	1293	1213	1199	819	1098	744
Годовая эксплуатационная производительность, $\text{м}^3/\text{ч}$	69 870	61 659	47 065,2	42 333,7	40 046,6	25 225	36 014	22 171
Себестоимость механизированных работ, руб./ $\text{м}^3$	8,976	9,459	10,135	10,571	11,045	11,978	11,247	12,38

Примечания: 1. Погрузчик ТО-18Б поступил в эксплуатацию и отработал 380 моточас в 2000 г.  
2. Капитальный ремонт погрузчика выполнен в 2006 г.

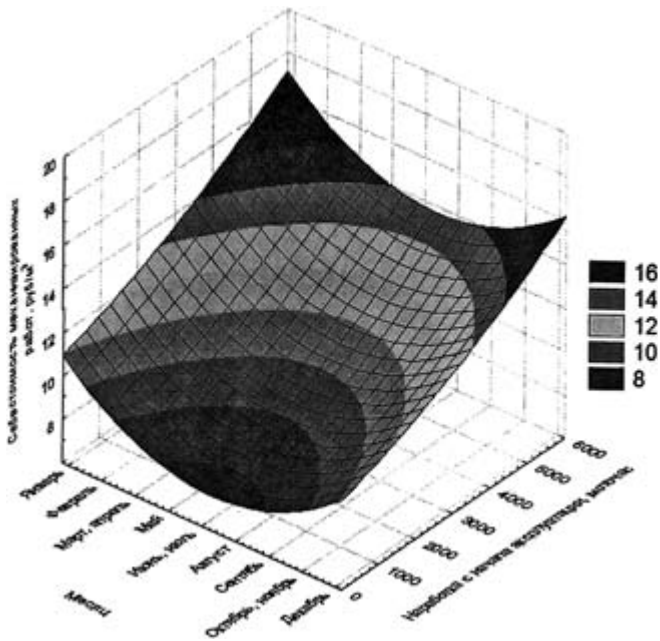


Рис. 6. Зависимость себестоимости механизированных работ для погрузчиков грузоподъемностью 3 т от сезона и наработки с начала эксплуатации

За рассматриваемый период времени годовое количество рабочего времени с учетом односменной работы снизилось на 52 %, что в совокупности привело к значительному понижению годовой эксплуатационной производительности (см. таблицу).

Снижение часовой эксплуатационной производительности приводит к изменению себестоимости механизированных работ (рис. 6) от 8 до 17,5 руб./м<sup>3</sup>, т. е. увеличивается более чем в два раза.

Такие изменения технико-экономических показателей необходимо учитывать при планировании и организации производства строительных работ.

По совокупности рассматриваемых факторов (сезона и наработки с начала эксплуатации СДМ) годовая эксплуатационная производительность может изменяться более чем в три раза. Для исключения таких погрешностей планирования объемов выполняемых работ годовую эксплуатационную производительность СДМ целесообразно определять по формуле:

$$P_r = P_T(D_k - D_p)t_{cm}K_{cm}K_{ти}K_p, \quad (4)$$

где  $P_T$  — техническая производительность, ед. вып. работы/ч;  $D_k$  — количество календарных дней в году, число суток;  $D_p$  — количество всех простоев

и перерывов работы в году, за исключением простоев, связанных с техническими обслуживаниями и ремонтами СДМ, число суток;  $t_{cm}$  — продолжительность смены, ч;  $K_{cm}$  — коэффициент сменности;  $K_{ти}$  — комплексный показатель надежности, коэффициент технического использования.

Применение зависимости (4) для планирования позволит определять годовую эксплуатационную производительность СДМ с учетом их наработки с начала эксплуатации через коэффициент  $K_{ти}$ , суточный режим через коэффициент  $K_{cm}$  и внутрисменный режим работы через коэффициент  $K_p$ .

В процессе наработки машины с начала эксплуатации не только значительно снижается годовая эксплуатационная производительность, но и увеличиваются затраты на поддержание и восстановление работоспособности машины. Для погрузчиков грузоподъемностью 3 т за рассматриваемый интервал времени рост этих затрат можно учитывать поправочным коэффициентом, который будет зависеть от показателей надежности и условий эксплуатации. По данным использования машин в средней климатической зоне при строительстве автомобильных дорог изменение себестоимости 1 машиночас от наработки с

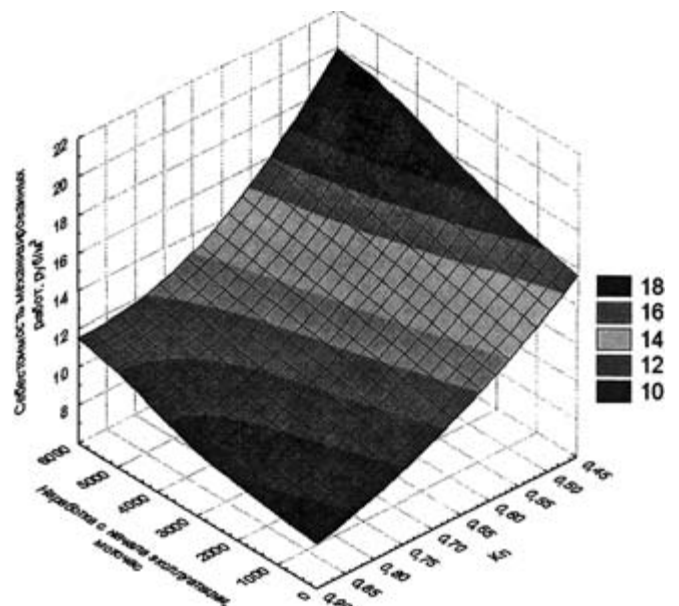


Рис. 7. Зависимость изменения себестоимости механизированных работ для погрузчиков грузоподъемностью 3 т от коэффициента внутрисменного режима работы и наработки с начала эксплуатации

начала эксплуатации можно выразить формулой:

$$C_{\text{мч}} = C_{\text{мч1}} + KN_{\text{ф}}, \quad (5)$$

где  $C_{\text{мч1}}$  — себестоимость 1 машиночаса при наработке до 1 тыс. машиночасов;  $K$  — поправочный коэффициент (в рассматриваемом случае  $K = 16 \cdot 10^{-4}$ ).

С учетом динамики изменения эксплуатационных затрат на поддержание и восстановление работоспособности и годового количества рабочего времени рассматриваемых погрузчиков себестоимость механизированных работ изменялась от 8,5 до 20 руб./м<sup>3</sup> (рис. 7), что соответствует ее увеличению более чем в два раза.

### Заключение

1. Часовая эксплуатационная производительность и себестоимость механизированных работ с учетом сезона эксплуатации и наработки с начала эксплуатации СДМ (на примере одноковшового погрузчика грузоподъемностью 3 т) могут изменяться более чем в два раза, что необходимо учитывать при определении технико-экономических показателей.

2. При планировании и организации использования СДМ годовую эксплуатационную производительность и себестоимость 1 машиночас эксплуатации СДМ целесообразно соответственно определять по формулам (4) и (5).

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Кудрявцев, Е. М.** Комплексная механизация строительства [Текст] / Е. М. Кудрявцев. — М.: Ассоциации строительных вузов, 2005. — 424 с.
2. **Эксплуатация** подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин: учебник для студ. высш. учеб. заведений [Текст] / А. В. Рубайлов, Ф. Ю. Керимов, В. Я. Дворковой и др.; под

ред. Е. С. Локшина. — М.: Академия, 2007. — 512 с.

3. **Максименко, А. Н.** Эксплуатация строительных и дорожных машин: учеб. пос. [Текст] / А. Н. Максименко. — СПб.: БХВ-Петербург, 2006. — 400 с.
4. **Максименко, А. Н.** Влияние внутрисменного режима работы и наработки с начала эксплуатации на эффективность использования строительных и дорожных машин [Текст] / А. Н. Максименко, В. В. Кутузов, Е. В. Кутузова, Ю. Б. Барковский, С. Е. Кравченко, Г. С. Тимофеев // Строительная наука и техника. — 2009. — № 1 (22). — С. 102—106.
5. **Дорожно-методический** документ "Рекомендации по совершенствованию технического обслуживания и ремонта дорожно-строительных машин с учетом целесообразности их эксплуатации на любом этапе с начала использования" ДМД 02191.7.008—2009 — Минск: БелдорНИИ, 2009. — 90 с.
6. **Механизация** строительства. Годовые режимы работы строительных машин. МДС 12-13.2003 / ЦНИИОМТП. — М.: ГУП ЦПП, 2003. — 16 с.
7. **Сборник** норм расхода топлива и смазочных материалов для механических транспортных средств, автотракторной техники, судов, машин, механизмов и оборудования в Республике Беларусь. — Минск: БелНИИТ "Транстехника", 2008.
8. **Гмурман, В. Е.** Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пос. для вузов [Текст] / В. Е. Гмурман. — 9-е изд., стер. — М.: Высш. шк., 2003. — 479 с.
9. **Максименко, А. Н.** Определение выходных параметров сезонной техники в дорожном строительстве / А. Н. Максименко, Д. Ю. Макацария, В. В. Кутузов, Г. С. Тимофеев, А. И. Лопатин, С. Е. Кравченко // Грузовик &. — 2008. — № 3. — С. 26—31.
10. **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.
11. **Максименко, А. Н.** Влияние наработки на технико-экономические показатели строительных и дорожных машин [Текст] / А. Н. Максименко, Д. Ю. Макацария, В. В. Кутузов, С. Е. Кравченко, А. И. Лопатин, Г. С. Тимофеев // Грузовик &. — 2007. — № 2. — С. 32—36.