

Применение методологии УРРАН для определения целесообразности продления срока службы несущего троса контактной подвески



А. А. Ковалев,
канд. техн. наук,
доцент кафедры
«Электроснабжение
транспорта», Уральский
государственный
университет путей
сообщения

Одна из основных задач инновационного развития ОАО «РЖД» – оптимизация стоимости жизненного цикла (СЖЦ) объектов инфраструктуры и подвижного состава. Для того чтобы обеспечить безотказную работу оборудования и безопасность перевозок, необходима комплексная система управления надежностью, рисками и СЖЦ. Совместная разработка ОАО «РЖД» и ОАО «НИИАС» по управлению ресурсами, рисками и надежностью (УРРАН) на этапах жизненного цикла позволяет определить СЖЦ несущего троса контактной подвески и принять решение, следует ли продлевать срок его службы.

В стратегии научно-технического развития ОАО «Российские железные дороги» на период до 2015 г. («Белая книга» ОАО «РЖД») определены ориентиры инновационного развития компании. Одним из таких ориентиров являются требования к безотказности, эксплуатационной готовности, ремонтнопригодности и безопасности [1].

В ОАО «РЖД» предусматривается повышение коэффициента эксплуатационной готовности до 0,98, снижение трудоемкости текущего и среднего ремонтов до 50 %, увеличение межремонтных пробегов в 2–3 раза, пробега между техническими обслуживаниями в 3–10 раз [2].

Согласно опубликованным данным, в настоящее время доля стоимости основных фондов инфраструктуры составляет более 60 % от общей стоимости основных средств ОАО «РЖД», а доля эксплуатационных затрат на объекты инфраструктуры – около 35 % от общего объема затрат. Оптимизация расходов на содержание инфраструктуры является одной из ключевых задач компании. В результате многолетнего недофинансирования износ основных фондов постоянно увеличивался, и к настоящему времени износ элементов инфраструктуры компании, последствия выхода которых из строя наиболее критичны, достиг 70 % [3].

Значительный рост цен на материалы за последние 10 лет приводит к

существенному увеличению себестоимости ремонтов. Поэтому при сохранении величины годового финансирования ремонта объемы работ имеют тенденцию к постоянному уменьшению. В результате нарастает протяженность участков пути и число других объектов инфраструктуры с просроченными ремонтами различного вида.

Создавшиеся условия вкпе с процессами изменения организационной структуры ОАО «РЖД» требуют применения комплексного управления надежностью, рисками, СЖЦ на железнодорожном транспорте с использованием методологии обеспечения безотказности, готовности, ремонтнопригодности и безопасности (RAMS) (рис. 1) в соответствии с ИЕС 62278, а также национальными стандартами ГОСТ «Надежность в технике» и ГОСТ Р «Менеджмент риска».

Цель внедрения комплексного управления надежностью, рисками, СЖЦ на железнодорожном транспорте состоит в решении одной из основных задач инновационного развития ОАО «РЖД» – в сокращении СЖЦ объектов инфраструктуры и подвижного состава при условии обеспечения высокого уровня надежности технических средств и требуемого уровня безопасности перевозочного процесса.

Методика оценки эффективности продления срока службы основных

средств хозяйства электрификации и электроснабжения ОАО «РЖД» на основе методологии УРРАН, используемая для принятия решения об экономической целесообразности продления назначенного срока службы объектов электрификации и электроснабжения, должна решить основную задачу — выбрать вариант решения, которое обеспечит наименьшую СЖЦ [3].

СЖЦ — это все расходы на объект (продукцию, изделие, оборудование, инженерное сооружение и т. д.) с момента его создания до момента выбытия. Основой СЖЦ является дерево затрат, в которое включаются затраты на приобретение, на содержание оборудования в течение его жизненного цикла и на отказы. Целью анализа СЖЦ является выбор наиболее и эффективного в экономическом отношении подхода из серии альтернатив, т. е. варианта, наименее затратного в долгосрочной перспективе.

Задача оптимизации СЖЦ состоит в нахождении такого варианта использования оборудования, который дает самую низкую СЖЦ при условии достижения требуемого уровня надежности и безопасности.

Методология оценки СЖЦ в хозяйствах электрификации и электроснабжения является инструментом, позволяющим принять экономически обоснованное решение при выборе альтернатив, заключающихся в замене выработавшего назначенный производителем ресурс оборудования новым, обновлении, ремонте или продлении срока службы действующего оборудования.

В процессе оценки СЖЦ необходимо:

- определить состав и размер затрат жизненного цикла устройств, для которых возможно продление срока службы;
- сформировать перечень факторов, влияющих на СЖЦ, и оценить количественные показатели степени их влияния;
- сформировать решающее правило для вывода о продлении срока службы объекта электрификации и электроснабжения или его замене.

Затраты жизненного цикла объекта хозяйства электрификации и электроснабжения:

- на приобретение и установку объекта (разработку и проектирование, материалы, логистику, строительство, наладку, тестирование);
- на текущее обслуживание и ремонт объекта (проведение регулярных осмотров, заработная плата персонала, мате-

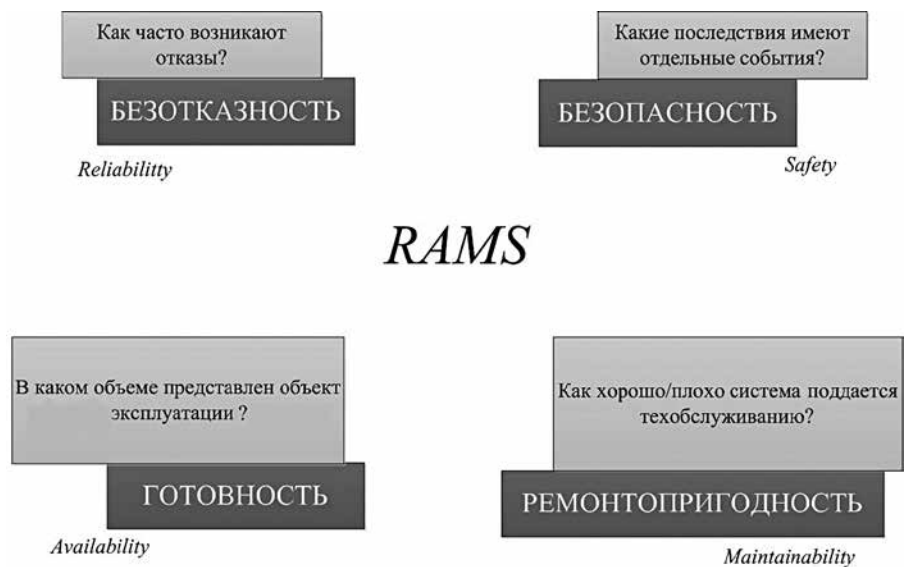


Рис. 1. Определение методологии RAMS

риалы, транспортировка, затраты, связанные с технологическими окнами);

- связанные с отказами объекта (ущерб от опасных отказов, внеплановые ремонтные работы, простои поездов и возможные штрафные санкции, вызванные отказами, недополученная прибыль);
- связанные с утилизацией объекта.

Экономическое обоснование решения при продлении назначенного срока службы объекта состоит в сравнении экономического эффекта двух вариантов: с продлением срока службы объекта и без него (объект своевременно выведен из эксплуатации). Выбор осуществляется в пользу решения, при реализации которого ожидаются наименьшие затраты жизненного цикла объекта.

При продлении срока службы важно учесть следующие составляющие его СЖЦ:

- затраты на оценку фактического состояния (для устройств, допускающих продление назначенного срока службы в зависимости от фактического технического состояния);
- затраты на документальное оформление продления срока службы (для устройств, допускающих продление назначенного срока службы в зависимости от фактического технического состояния);
- дополнительную стоимость текущего содержания для устройств с продленным сроком службы (по сравнению с плановыми затратами на текущее содержание для устройств, назначенный срок службы которых закончился);
- дополнительную стоимость плановых ремонтов устройств с продленным

сроком службы (по сравнению с плановыми затратами на плановые ремонты устройств, назначенный срок службы которых не закончился).

С учетом указанных составляющих расчет экономической эффективности при продлении срока службы объекта, в частности, несущего троса контактной подвески, должен осуществляться на основании функции:

$$F = \overline{СЖЦ}_3 - (1 + k_{\text{мод}}) \cdot \overline{СЖЦ}_п, \quad (1)$$

где $\overline{СЖЦ}_3$ — среднегодовая стоимость жизненного цикла, руб.;

$\overline{СЖЦ}_п$ — среднегодовая стоимость жизненного цикла несущего троса в случае продления срока его службы, руб.;

$k_{\text{мод}} \in [0; 0,2]$ — коэффициент модернизации, определяющий границы, при достижении которых принимается решение о замене оборудования даже при незначительном преимуществе в пользу решения о продлении. Границы или значение данного коэффициента определяются на основе статистических методов Управлением электрификации и электроснабжения Центральной дирекции инфраструктуры ОАО «РЖД».

Ключевое правило для принятия решения о продлении срока службы несущего троса или его замене выглядит следующим образом:

- 1) если $F > 0 \leftrightarrow$ продление срока службы экономически эффективно;
- 2) если $F < 0 \leftrightarrow$ продление срока службы экономически неэффективно.

На рис. 2 приведены данные о сроках службы объектов контактной сети, по которым принимаются решения о продлении назначенного срока.

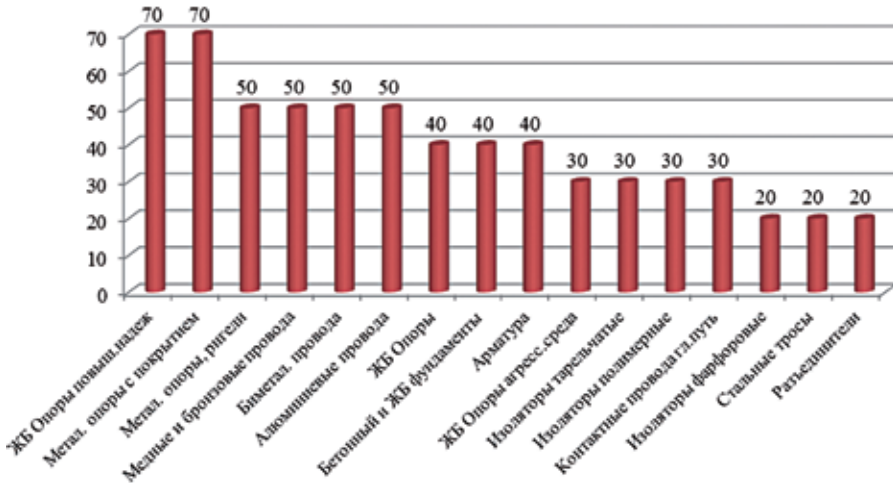


Рис. 2. Сроки службы устройств контактной сети

Для медных проводов срок службы, согласно правилам устройства и технической эксплуатации контактной сети (ПУТЭКС), составляет 50 лет [4]. В действительности из-за большой интенсивности движений он сокращается до 15–20 лет. Чтобы этого избежать, необходимо повышать их надежность, что ведет к дополнительным затратам.

Проведем расчет для несущего троса контактной подвески. Если его заменяют раньше срока, среднегодовая стоимость жизненного цикла определяется по формуле

$$\overline{СЖЦ}_3 = \frac{СЖЦ_3}{\frac{1}{d} \cdot \left(1 - \frac{1}{(1+d)^{T_3}}\right)}, \quad (2)$$

где $СЖЦ_3$ — стоимость жизненного цикла в случае его замены;

T_3 — величина срока службы нового несущего троса;

d — ставка дисконтирования.

Обоснование используемой в расчетах ставки дисконтирования приведено в табл. 1. Расчет велся в ценах 2011 г.

Для несущего троса, если продлевают срок его службы, среднегодовая стоимость жизненного цикла определяется по формуле

$$\overline{СЖЦ}_\Pi = \frac{СЖЦ_\Pi}{\frac{1}{d} \cdot \left(1 - \frac{1}{(1+d)^{T_\Pi}}\right)}, \quad (3)$$

где $СЖЦ_\Pi$ — стоимость жизненного цикла в случае ПСС;

T_Π — величина срока службы несущего троса при ПСС.

СЖЦ несущего троса определяется на основании следующих формул:

- если несущий трос заменяют:

$$\begin{aligned} СЖЦ_3 = & S_{нач.0} + \sum_{i=0}^{T_3} \frac{(1+p_{ТО}^3) \cdot S_{ТО_i}^3}{(1+d)^i} + \\ & + \sum_{i=0}^{T_3} \frac{(1+p_{pt}^3) \cdot S_{pt_i}^3}{(1+d)^i} + \\ & + \sum_{i=0}^{T_3} \frac{(1+p_{отк}^3) \cdot S_{отк_i}^3}{(1+d)^i} + \frac{S_{утиль_3}}{(1+d)^{T_3}}, \end{aligned} \quad (4)$$

- если срок службы несущего троса продлевают:

$$\begin{aligned} СЖЦ_\Pi = & S_{осв.0} + \sum_{i=0}^{T_\Pi} \frac{(1+p_{ТО_i}^\Pi) \cdot S_{ТО_i}^\Pi}{(1+d)^i} + \\ & + \sum_{i=0}^{T_\Pi} \frac{(1+p_{pt}^\Pi) \cdot S_{pt_i}^\Pi}{(1+d)^i} + \\ & + \sum_{i=0}^{T_\Pi} \frac{(1+p_{отк}^\Pi) \cdot S_{отк_i}^\Pi}{(1+d)^i} + \frac{S_{утиль_\Pi}}{(1+d)^{T_\Pi}}. \end{aligned} \quad (5)$$

Указанные в формулах коэффициенты поясняются в табл. 2.

Таблица 1. Обоснование используемой в расчетах ставки дисконтирования (СД)

Параметр	Обозначение	Значение	Источник информации / Формула расчета
Безрисковая ставка доходности	R_f	2,90 %	Доходность 30-летних облигаций Казначейства США на 30.09.2011 г.
Коэффициент бета (бездолговой)	b	0,986	Коэффициент <i>Beta vs. RTSI \$</i> по акциям ОАО «Газпром» на 23.09.2011 г.
Рыночная премия за риск	$R_m - R_f$	-4,11 %	Разность между средней ожидаемой доходностью акций и доходностью долгосрочных обязательств казначейства США (1960–2009 гг.)
Доходность к погашению еврооблигаций «Россия 2030» (USD)	YTM	4,69 %	Доходность к погашению (номинальная) на 04.10.2011 г.
Премия за страховой риск	S_1	1,79 %	$S_1 = YTM - R_f$
Премия за специфический риск	S_2	3,00 %	Значение определено разработчиками проекта с учетом особенностей оцениваемого проекта (диапазон от 0 до 5 %)
Номинальное значение СД для денежных потоков в долларах США	E_{Nusa}	3,64 %	$E_{Nusa} = R_f + b \cdot (R_m - R_f) + S_1 + S_2$
Инфляция США	I_{USA}	3,77 %	Индекс потребительских цен США за 8 мес. 2011 г.
Реальное значение СД	E_R	-0,13 %	По формуле Фишера
Инфляция России	I_{RUS}	8,25 %	Индекс потребительских цен России за 8 мес. 2011 г.
Номинальное значение СД для денежных потоков в рублях	E_{Nrus}	8,11 %	По формуле Фишера

Таблица 2. Составляющие СЖЦ несущего троса, принимаемые в расчет экономической эффективности продления его срока службы

СЖЦ в случае замены объекта		СЖЦ в случае продления срока службы объекта	
Наименование	Формулы и обозначения	Наименование	Формулы и обозначения
Затраты на приобретение и установку, где:	$S_{\text{нач.0}} = S_{\text{об}} + S_{\text{лог}} + S_{\text{пн}}$	Затраты на освидетельствование (оценка фактического состояния и документальное оформление ПСС), где:	$S_{\text{осв.0}} = S_{\text{оц}} + S_{\text{оф}}$
- стоимость приобретаемого оборудования	$S_{\text{об}}$	- затраты на оценку фактического состояния	$S_{\text{оц}}$
-затраты на логистику (доставку оборудования)	$S_{\text{лог}}$	- затраты на документальное оформление продления срока службы	$S_{\text{оф}}$
- затраты на пуско-наладочные работы	$S_{\text{пн}}$		
Затраты, связанные с утилизацией объекта (в конце срока службы нового объекта), где:	$S_{\text{утил}}^{\text{Тз}} = S_{\text{дем}}^{\text{Тз}} + S_{\text{в}}^{\text{Тз}} + (S_{\text{утил}}^{\text{Тз}} \cdot R_{\text{утил}}^{\text{Тз}})$	Затраты, связанные с утилизацией объекта в конце срока его продления, где:	$S_{\text{утил}}^{\text{П}} = S_{\text{дем}}^{\text{П}} + S_{\text{в}}^{\text{П}} + (S_{\text{утил}}^{\text{П}} \cdot R_{\text{утил}}^{\text{П}})$
- затраты на демонтаж оборудования (ДО)	$S_{\text{дем}}^{\text{Тз}}$	- затраты на демонтаж оборудования	$S_{\text{дем}}^{\text{П}}$
- затраты, связанные с вывозом оборудования (ВО)	$S_{\text{в}}^{\text{Тз}}$	- затраты, связанные с вывозом оборудования	$S_{\text{в}}^{\text{П}}$
- затраты, связанные непосредственно с утилизацией (У)	$S_{\text{утил}}^{\text{Тз}}$	- затраты, связанные непосредственно с утилизацией	$S_{\text{утил}}^{\text{П}}$
- доходы, связанные непосредственно с утилизацией	$R_{\text{утил}}^{\text{Тз}}$	- доходы, связанные непосредственно с утилизацией	$R_{\text{утил}}^{\text{П}}$
Затраты на техническое обслуживание объекта в случае его замены, где:	$S_{\text{ТОi}}^{\text{з}} = S_{\text{зпi}}^{\text{з}} + S_{\text{матi}}^{\text{з}} + S_{\text{машi}}^{\text{з}} + S_{\text{топi}}^{\text{з}}$	Затраты на техническое обслуживание объекта в случае ПСС, где:	$S_{\text{ТОi}}^{\text{П}} = S_{\text{зпi}}^{\text{П}} + S_{\text{матi}}^{\text{П}} + S_{\text{машi}}^{\text{П}} + S_{\text{топi}}^{\text{П}}$
- затраты на заработную плату сотрудников, осуществляющих ТО объекта в случае его замены	$S_{\text{зпi}}^{\text{з}}$	- затраты на заработную плату сотрудников, осуществляющих ТО объекта в случае ПСС	$S_{\text{зпi}}^{\text{П}}$
- затраты на материалы и механизмы, используемые при проведении ТО объекта в случае его замены	$S_{\text{матi}}^{\text{з}}$	- затраты на материалы и механизмы, используемые при проведении ТО объекта в случае ПСС	$S_{\text{матi}}^{\text{П}}$
- затраты на машины и оборудование, используемые при проведении ТО объекта в случае его замены	$S_{\text{машi}}^{\text{з}}$	- затраты на машины и оборудование, используемые при проведении ТО объекта в случае ПСС	$S_{\text{машi}}^{\text{П}}$
- топливные затраты на проведение ТО объекта в случае его замены	$S_{\text{топi}}^{\text{з}}$	- топливные затраты на проведение ТО объекта в случае ПСС	$S_{\text{топi}}^{\text{П}}$
Затраты на плановые виды ремонтов объекта в случае его замены, где:	$S_{\text{Рi}}^{\text{з}} = S_{\text{ТРi}}^{\text{з}} + S_{\text{КРi}}^{\text{з}}$	Затраты на плановые виды ремонта объекта в случае ПСС, где:	$S_{\text{Рi}}^{\text{П}} = S_{\text{ТРi}}^{\text{П}} + S_{\text{КРi}}^{\text{П}}$
- затраты на текущий ремонт в случае замены объекта	$S_{\text{ТРi}}^{\text{з}}$	- затраты на текущий ремонт в случае ПСС	$S_{\text{ТРi}}^{\text{П}}$
- затраты на капитальный ремонт в случае замены объекта	$S_{\text{КРi}}^{\text{з}}$	- затраты на капитальный ремонт в случае ПСС	$S_{\text{КРi}}^{\text{П}}$
Затраты, связанные с отказами объекта в случае его замены, где:	$S_{\text{Откi}}^{\text{з}} = T_{\text{пр}}^{\text{з}} \cdot C_{\text{ПР}} + S_{\text{Роткi}}^{\text{з}}$	Затраты, связанные с отказами объекта в случае ПСС, где:	$S_{\text{Откi}}^{\text{П}} = T_{\text{пр}}^{\text{П}} \cdot C_{\text{ПР}} + S_{\text{Роткi}}^{\text{П}}$
- общее время простоя поездов по причине поломки объекта в случае его замены, рассчитанный как произведение	$T_{\text{пр}}^{\text{з}} = K_{\text{ПР}}^{\text{з}} \cdot \text{ФРВ}$	- общее время простоя поездов по причине поломки объекта в случае его замены, рассчитанный как произведение	$T_{\text{пр}}^{\text{П}} = K_{\text{ПР}}^{\text{П}} \times \text{ФРВ}$
- коэффициент простоя поездов по причине поломки объекта в случае его замены	$K_{\text{ПР}}^{\text{з}}$	- коэффициент простоя поездов по причине поломки объекта в случае ПСС	$K_{\text{ПР}}^{\text{П}}$
- годовой фонд рабочего времени	ФРВ	- годовой фонд рабочего времени	ФРВ
- стоимость 1 часа простоя	$C_{\text{ПР}}$	- стоимость 1 часа простоя	$C_{\text{ПР}}$
- затраты на ремонт после отказа объекта в случае его замены	$S_{\text{Роткi}}^{\text{з}}$	- затраты на ремонт после отказа объекта в случае ПСС	$S_{\text{Роткi}}^{\text{П}}$

Системы технического контроля

Результаты расчета среднегодовой СЖЦ несущего троса приведены в табл. 3.

Из полученных данных следует, что продлевать срок службы рассматриваемого варианта несущего троса экономически нецелесообразно.

В этой статье представлены лишь результаты расчетов. Для проведения аналогичных расчетов применительно к остальным объектам требуется пере-

работка большого количества исходных данных. В научно-исследовательской лаборатории «САПР КС» УрГУПС на основе [5; 6] разработан программный продукт, при помощи которого рассчитываются показатели эффективности (СЖЦ, полезный экономический эффект, лимитная цена) отдельных элементов контактной сети. Применение данной программы дает возможность заранее определить

экономический эффект от использования нового образца техники по сравнению с ее аналогом, который морально и технически устарел. В ближайшем будущем планируется адаптация данного программного продукта под методику УРРАН, разработанную в ОАО «РЖД» и ОАО «НИИАС» для оценки эффективности продления срока службы основных объектов системы токосъема. **T**

Таблица 3. Результаты расчета необходимости продления срока службы несущего троса контактной подвески

Наименование	Значения	Примечания
Коэффициент модернизации	0,1	Указывается значение коэффициента модернизации, определяемого на основе статистических методов Управлением электрификации и электроснабжения Центральной дирекции инфраструктуры ОАО «РЖД» (от 0 до 0,2)
Год, когда планируется замена/продление срока службы объекта	2012	Указывается, в каком году планируется заменить/продлить срок службы объекта
Ставка дисконтирования	3,0 %	Указывается значение ставки дисконтирования
Величина срока службы нового объекта, лет	50	Указывается срок службы нового объекта, лет
Величина продления срока службы, лет	5	Указывается срок, на который планируется продлить эксплуатацию объекта, лет
Стоимость 1 часа простоя, руб.	–	Указывается стоимость 1 часа простоя, руб.
Среднегодовая стоимость жизненного цикла объекта в случае его замены	–	Среднегодовая стоимость жизненного цикла объекта в случае продления его срока службы, с учетом коэффициента модернизации
33 712 руб.	≤	108 943 руб.

Литература

- Якунин В. И. Стратегические направления научно-технического развития ОАО «Российские железные дороги» на период до 2015 г. // Желдорпресинформ. URL: <http://www.rzd.ru/wps/portal/doc>
- Концепция комплексного управления надежностью, рисками, стоимостью жизненного цикла на железнодорожном транспорте (ред. 1.1) / Утв. старшим вице-президентом ОАО «РЖД» В. А. Гапановичем. 2010. 132 с.
- Методика оценки эффективности продления срока службы основных средств хозяйства электрификации и электроснабжения ОАО «РЖД» на основе методологии УРРАН / Утв. старшим вице-президентом ОАО «РЖД» В. А. Гапановичем. 2012. 57 с.
- Правила устройства и технической эксплуатации контактной сети электрифицированных железных дорог (ЦЭ-868) / Деп. электрификации и электроснабжения МПС РФ. М.: Трансиздат, 2002. 184 с.
- Галкин А. Г., Ковалев А. А., Микава А. В. Применение контракта жизненного цикла для инфраструктурного комплекса системы токосъема // Транспорт Урала. 2012. № 3 (34). С. 85–90.
- Галкин А. Г., Ковалев А. А., Микава А. В. Реализация проектов электроэнергетики с применением контракта жизненного цикла // Пром. энергетика. 2013. № 4. С. 5–9.