

Технико-экономическое обоснование

применения светодиодных светооптических систем типа СЖДМ,
предназначенных для замены существующих линзовых комплектов с
лампами накаливания

1. «Общая часть»
2. «Оценка экономической эффективности замены линзовых комплектов с лампами накаливания на светофорные системы типа СЖДМ»
3. «Выводы и предложения»

1. Общая часть

Основная цель разработки – создание необслуживаемых светосигнальных приборов железнодорожного транспорта, значительно улучшающих условия труда работников дистанции СЦБ и связи, а также машинистов локомотивов, за счет улучшения видимости сигналов. Светооптические светодиодные модули типа СЖДМ предназначены для замены существующих линзовых систем с лампами накаливания в светосигнальных приборах железнодорожного транспорта.

1.1 Предполагается внедрение на железные дороги светофоров нового поколения со светодиодными светооптическими системами (ССС) в рамках Комплексной программы «Внедрение светодиодной техники в ОАО «РЖД» (2009-2011)

1.2 Разработчик – исполнитель Уральское отделение ОАО «ВНИИЖТ», Уральский оптико – механический завод (УОМЗ) г. Екатеринбург.

1.3 Поставщик – ЗАО «НПЦ «АТ Транс» г. Екатеринбург

1.4 Предполагается внедрить в рамках Комплексной программы «Внедрение светодиодной техники в ОАО «РЖД» в 2009-2011 г.г. светодиодных головок, 27210 шт.

1.5 Назначение новой техники и технологий.

Применение в железнодорожных светофорах всех типов взамен линзовых комплектов с лампами накаливания.

1.6 Основные технические характеристики:

- Потребляемая мощность – не более 7 Вт;
- Удаленность от поста ЭЦ – до 9 км;
- Сила света и видимость – согласно ПТЭ.

1.7 Комплектация:

- Модуль СЖДМ – по количеству сигналов светофора;
- Блок питания БПС для светофоров с одним включаемым сигналом независимо от количества огней на нем – 1 шт;
- Блок питания БПС для светофоров с одновременным включением двух сигналов – 2шт.

1.8 Техническая и разрешительная документация на оборудование:

- Руководство по эксплуатации ПЕТИ. 424565. 001 РЭ;
- Программа и методика эксплуатационных испытаний опытных образцов ПЕТИ. 424565.007 ПМ1;
- Программа и методика приемочных испытаний ПЕТИ. 424565.008 ПМ;
- Схемы подключения и контроля для опытной эксплуатации ПЕТИ. 424565. 005 СПК;
- Технические решения (для опытной эксплуатации на Свердловской жд) «Схемы подключения и контроля ССС ПЕТИ. 424565. 011 ТР;
- Доказательство безопасности ССС Проект ПЕТИ. 424565. 003 ДБ;
- Технические решения «Схемы подключения и контроля светодиодных модулей типа СЖДМ для жд светофоров автоблокировки» ПЕТИ. 424565. 011 ТР-АБ.

1.9 Предпосылки создания нового технического средства и технологии

Применение светодиодных светофоров на ж.д. транспорте позволит существенным образом повысить безопасность движения поездов за счет улучшения видимости и различимости сигналов, сократить потребление электроэнергии в два раза, значительно сократить эксплуатационные расходы на обслуживание светофоров и увеличить срок их службы.

1.10 Зарубежные и отечественные аналоги данного технического средства и технологии:

Аналогичную продукцию предлагают зарубежные фирмы Симменс и Алкатель, а так же ряд других. Отечественные фирмы, занимающиеся разработкой светодиодных модулей для ж.д. светофоров – Кавер-Лайт, ТрансСигнал и некоторые другие.

1.11 Недостатки аналогов:

К недостаткам зарубежных аналогов можно отнести несоответствие требованиям безопасности РЖД, отсутствие унификации с отечественными конструктивами, высокую стоимость и зависимость от курса валюты, зависимость от поставок и сервисного обслуживания в части территориальной удаленности от производителя. К недостаткам отечественных аналогов можно отнести ограниченность ресурсов производства и необходимость их наращивания.

1.12 Отличительные особенности нового технического средства и технологии перед аналогами:

- Высокая степень защищенности от электрических помех;
- Защита от фантомного эффекта;
- Длительный срок службы при отсутствии обслуживания.

1.13 Преимущества нового технического средства и технологии перед аналогами:

См. п. 1.12

1.14 Влияние нового технического средства и технологии на технологический процесс:

Сокращение трудозатрат на обслуживание светофоров. Изменение норм времени.

1.15 Воздействие новой техники и технологий на окружающую среду:

Не оказывает воздействия на окружающую среду.

1.16 Перечень подготовительных работ:

- Подготовка места в релейном помещении или в релейном шкафу для установки блока питания светофора.

1.17 Строительно-монтажные работы:

СМР сводится к работам на посту ЭЦ и замене линзовых комплектов в головках светофоров. Укладка кабеля на поле не нужна.

1.18 Требования к работникам, обслуживающим новую технику и охрана труда на объекте:

Все работы могут выполняться электромеханиками и электромонтерами дистанций.

2. Оценка экономической эффективности замены линзовых комплектов с лампами накаливания на светофорные светодиодные системы типа СЖДМ

2.1 Основные положения оценки экономической эффективности замены линзовых комплектов с лампами накаливания на светодиодные системы типа СЖДМ

Расчёт проводится для трехзначной светофорной головки, оборудованной модулями типа СЖДМ и трехзначной головки с линзовыми комплектами и лампами накаливания, эксплуатирующейся на сегодняшний день (базовый вариант). Срок окупаемости, величина чистого и чистого дисконтированного доходов рассчитывается от разницы капитальных вложений нового и базового вариантов.

При расчёте экономической эффективности использованы:

- действующая «Методика оценки инвестиционных проектов на предприятиях Свердловской железной дороги»;
- «Отраслевые нормы времени на техническое обслуживание устройств сигнализации, централизации и блокировки» № Р-200у от 03.03.2003.

Структура экономического расчёта включает в себя:

- расчёт единовременных капитальных затрат;
- расчёт текущих (эксплуатационных затрат);

- расчёт экономического эффекта, чистого дисконтированного дохода, срока окупаемости

2.2 Формулы для расчёта показателей экономической эффективности

Чистый доход – **ЧД** ; Чистый дисконтированный доход **ЧДД**

$$\mathbf{ЧД} = (\Delta \mathbf{Э} - \Delta \mathbf{С}) ; \mathbf{ЧДД} = (\Delta \mathbf{Э} - \Delta \mathbf{С}) / (1 + \mathbf{E} + \mathbf{Z})$$

$\Delta \mathbf{Э}$ – результаты, достигаемые на t шаге; \mathbf{E} – норма дисконта

$\Delta \mathbf{С}$ – инвестиционные затраты; \mathbf{Z} – рисковая поправка; t – горизонт расчёта

2.3 Обоснование экономической целесообразности замены линзовых комплектов с лампами накаливания на светодиодные системы типа СЖДМ

2.3.1 Расчёт величины текущих расходов и их экономии

Величина текущих расходов на электроэнергию при электронном управлении светофором за счет снижения потребляемой мощности светофора с СЖДМ взамен линзового светофора (на один трехзначный светофор в год) складывается из составляющих затрат на электроэнергию, оплату труда и материальных затрат.

2.3.2 Расходы на электроэнергию и их экономия

Текущие расходы на электроэнергию определяются мощностью лампы накаливания в линзовом комплекте светофора (базовый вариант) или мощностью СЖДМ при электронном управлении светофора (новый вариант), стоимостью одного кВт. час. электроэнергии и временем горения головки светофора в год.

$$Z_{\text{эл.}} = C_{\text{эл.}} \times P \times t_{\text{гор.}}$$

где $C_{\text{эл.}} = 2,4$ руб. - прогноз стоимость одного кВт. час., электроэнергии на 2009 год,

$P_6 = 0,015$ кВт – потребляемая мощность при базовом варианте,

$P_n = 0,007$ кВт – потребляемая мощность при новом варианте,

$t_{гор.} = (24 \times 365) = 8760$ час. – время горения светофорной головки в год,

$Z_{эл.}^б = 2,4 \times 0,015 \times 8760 = 315,36$ руб.,

$Z_{эл.}^н = 2,4 \times 0,007 \times 8760 = 147,17$ руб.,

$Z_{эл} = 315,36 - 147,17 = 168,19$ руб., величина экономии электроэнергии на один светофор в 2009 году.

2.3.4 Расходы на заработную плату и их экономия

$Z_{то} = (Ц_{э-мех.} + Ц_{э-мон.}) \times (t_{см.ламп} + t_{рем.} + t_{вид.} + t_{проезд}) + Ц_{э-мон.} \times (t_{окр.} + t_{прот.} + t_{проезд})$,

где $Ц_{э-мех.} = 150,51$ руб./час. – стоимость одного человеко-часа работы электромеханика в 2009 году,

$Ц_{э-мон.} = 120,41$ руб./час. – стоимость одного человеко-часа работы электромонтера в 2009 году,

$t_{см.ламп} = 0,555 \times 4 = 2,22$ час., – затраты времени в год на смену ламп светофора (согласно п.2.3 Инструкции от 20.12.99г. № ЦШ-720 смена производится один раз в квартал) и чистку внутренней части светофорных головок (согласно п.2.11 № ЦШ-720 проверка и чистка производится при смене ламп),

где 0,555 – норма времени на работу согласно Отраслевым нормам времени на техническое обслуживание устройств сигнализации, централизации и блокировки, час.,

4 – количество смен ламп за год (смены источников света в СЖДМ нет),

$t_{рем.} = 2,5 \times 3 \times 0,1 = 0,75$ час. – затраты времени в год, приходящиеся на ремонт одного светофора, поврежденного в результате случаев вандализма (по данным дорог ежегодно по этой причине приходится менять до 10% линз),

где 2,5 – затраты времени на замену линзового комплекта в светофоре, час.,

3 – количество линзовых комплектов в светофоре,

0,1 – 10% поврежденных линзовых комплектов, подлежащих замене в год.

$t_{окр.} = 2,229 \times 0,5 = 1,1145$ час. – затраты времени в год на покраску светофора (согласно п.2.13 № ЦШ-720 покраска производится при

обнаружении следов коррозии металла, но не реже одного раза в два года, а светофоры с СЖДМ не красят),

где 2,229 – норма времени на работу согласно Отраслевым нормам времени на техническое обслуживание устройств сигнализации, централизации и блокировки, час.,

0,5 – количество покрасок линзового светофора в год;

$t_{\text{вид.}^{\text{б}}} = 0,207 \times 4 = 0,828$ час. –затраты времени на проверку с пути видимости сигнальных огней ламповых светофоров при базовом варианте,

$t_{\text{вид.}^{\text{н}}} = 0,207 \times 2 = 0,414$ час. –затраты времени на проверку с пути видимости сигнальных огней светодиодных светофоров при новом варианте,

где 0,207 – норма времени на работу согласно Отраслевым нормам времени на техническое обслуживание устройств сигнализации, централизации и блокировки, час.,

4– число проверок в год при базовом варианте,

2 - число проверок в год при новом варианте,

$t_{\text{протирок}^{\text{б}}} = 0,25 \times 2 = 0,5$ час., – затраты времени в год на протирку светофора (базовый вариант),

где 0,25 – время на протирку светофора, час. (базовый вариант),

2 – количество протирок светофора в год (базовый вариант),

$t_{\text{протирок}^{\text{н}}} = 0,15 \times 2 = 0,3$ час.,. – затраты времени в год на протирку светофора (новый вариант),

где 0,15 – время на протирку светофора, час. (новый вариант),

2 – количество протирок светодиодного светофора в год (новый вариант),

$t_{\text{проезд змех+эмон}^{\text{б}}} = 0,45 \times (4+0,1+4) = 3,645$ час. – затраты времени на проезд электромонтера и электромеханика (базовый вариант),

где 4 – количество смены ламп за год (базовый вариант),

4 – число проверок видимости в год при базовом варианте,

0,1 – 10% поврежденных линзовых комплектов, подлежащих замене,

$t_{\text{проезд эмон}^{\text{б}}} = 0,45 \times (0,5+2) = 1,125$ час., время на проезд электромонтера (базовый вариант),

где 0,45 час., – затраты времени на подъезд бригады (базовый вариант)

2 – количество протирок светофора в год (базовый вариант)

0,5 – количество покрасок линзового светофора в год; (базовый вариант)

$t_{\text{проезд эмон}}^H = 0,45 \times 2 = 0,9$ час., время на проезд электромонтера и электромеханика (новый вариант),

где 0,45 час, – затраты времени на подъезд бригады,

2 - число проверок видимости в год при (новом варианте);

$t_{\text{проезд змех+эмон}}^H = 0,45 \times 2 = 0,9$ час., время на проезд электромонтера (новый вариант),

где 2 – количество протирок светодиодного светофора в год в год (новый вариант),

$Z_{\text{от}}^6 = (150,51+120,41) \times (2,22+0,828+0,75+3,645)+120,41 \times (1,1145+0,5+1,125) = 2346,33$ руб.,

$Z_{\text{от}}^H = (150,51+120,41) \times (0,404+0,9)+120,41 \times (0,3+0,9) = 500,48$ руб.,

$\Delta_{\text{от}} = 2346,33 - 500,48 = 1845,85$ руб., величина экономии расходов по заработной плате на один светофор в год.

2.3.5 Расходы на материалы и их экономия

$Z_{\text{мат.}} = C_{\text{ламп}} + C_{\text{линз}}$,

где $C_{\text{ламп}} = 50 \times 4 = 200$ руб.– стоимость ламп, устанавливаемых в линзовый светофор в течение года,

где 50 руб. – стоимость одной лампы,

4 – количество смен ламп за год,

$C_{\text{линз}} = 2508 \times 3 \times 0,1 = 752,4$ руб., – стоимость устанавливаемых в линзовый светофор поврежденных линз, приходящаяся на один год,

где 2508 руб., – стоимость линзового комплекта КЛМ в 2008 г. (по данным АЭМЗ),

3– количество линзовых комплектов в трехзначном светофоре,

0,1 – 10% поврежденных линзовых комплектов, подлежащих замене в год,

$Z_{\text{протирка}}^6 = 30 \times 2 = 60$ руб.,

где 30 руб., - прогноз стоимости протирочных материалов для светофора (базовый вариант) на 2009 год (по 10 руб. на один линзовый

комплект), при базовом варианте требуется больше протирочного материала для чистки внутренних поверхностей,

2 - количество протирок линзовых головок светофора в год,

$$Z_{\text{протирка}}^{\text{н}} = 15 \times 2 = 30 \text{ руб.},$$

где 2 - количество протирок светодиодных головок светофора в год,

15 руб., - прогноз стоимости протирочных материалов для светофора (новый вариант) на 2009 год (по 5 руб. на одну систему),

$$Z_{\text{покраска}}^{\text{б}} = 157 \times 0,5 = 78,5 \text{ руб.},$$

где 157 руб., - прогноз стоимости покрасочных материалов на 2009 год,

0,5 - количество покрасок в год,

$$Z_{\text{мат.}}^{\text{б}} = 200 + 752,4 + 78,5 + 60 = 1120,9 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{мат.}}^{\text{н}} = 30 \text{ руб.},$$

$Z_{\text{мат}} = 1096,4 - 30 = 1066,4 \text{ руб.}$, величина экономии расходов на материалы для одного светофора в год.

2.3.6 Транспортные расходы (на транспортировку эксплуатационной бригады) и их экономия

$$Z_{\text{транс.}} = 1 \times 27,72 \times \text{ппр},$$

1 км – плечо обслуживания эксплуатационной бригады одного светофора,

27,72 руб/км - стоимость одного километра пробега автомобиля ГАЗ-3309,

ппр – число проверок (ездок) в год (при каждой смене/ проверке ламп),

$$Z_{\text{транс.}}^{\text{б}} = 1 \times 27,72 \times 10,6 = 293,83 \text{ руб.},$$

10,6 – количество подъездов в год (базовый вариант),

$$Z_{\text{транс.}}^{\text{н}} = 1 \times 27,72 \times 4 = 110,88 \text{ руб.},$$

$Z_{\text{транс}} = 293,83 - 110,88 = 182,95 \text{ руб.}$, величина экономии транспортных расходов на один светофор в год.

Экономия эксплуатационных расходов в результате установки светодиодных модулей СЖДМ вместо линзовых комплектов с лампами накаливания на трехзначной светофорной головке за год:

$$\Delta \mathcal{E} = (\mathcal{E}_{\text{эл}} + \mathcal{E}_{\text{от}} + \mathcal{E}_{\text{мат}} + \mathcal{E}_{\text{транс}}) = 168,12 + 1845,86 + 1066,4 + 182,95 = =$$

$$3263,33 \text{ руб. / год}$$

$$\Delta \mathcal{C} = (\mathcal{C}_{\text{лк}} - \mathcal{C}_{\text{скс}}) = 48000,0 - 66000,0 = 18000,0 \text{ руб.}$$

где: $\mathcal{C}_{\text{лк}}$ – Цена светофорной головки, оборудованной линзовыми комплектами с лампами накаливания $\mathcal{C}_{\text{лк}} = 48000,0$ руб.

$\mathcal{C}_{\text{скс}}$ – Цена светофорной головки, оборудованной модулями СЖДМ
 $\mathcal{C}_{\text{скс}} = 66000,0$ руб.

2.4 Расчёт оценочных показателей

2.4.1 Чистый доход первого года работы трехзначной светофорной головки, оборудованной модулями СЖДМ

$$\mathcal{ЧД}_1 = \Delta \mathcal{E} - \Delta \mathcal{C} = 3263,33 - 18000,0 = - 14736,67 \text{ руб.}$$

$$\mathcal{ЧД}_2 = \Delta \mathcal{E} - \mathcal{ЧД}_1 / (1 + \mu)$$

где μ - индекс дефлятор (до конца срока службы модулей СЖДМ принимаем рост инфляции равным 8% т.е. $\mu = 1,08$)

Горизонт расчета принимаем равным сроку службы модулей СЖДМ – 20 лет

$$\mathcal{ЧД}_{10} = (\Delta \mathcal{E}_1 - \Delta \mathcal{C}) + (\Delta \mathcal{E}_2 - \mathcal{ЧД}_1 / (1 + \mu)) +$$

$$+ (\Delta \mathcal{E}_3 - \mathcal{ЧД}_2 / (1 + \mu)) + (\Delta \mathcal{E}_4 - \mathcal{ЧД}_3 / (1 + \mu)) + \dots (\Delta \mathcal{E}_{10} - \mathcal{ЧД}_9 / (1 + \mu)) = 52837 \text{ руб.},$$

2.4.2 Чистый дисконтированный доход

$$\mathcal{ЧДД}_{20} = (\Delta \mathcal{E} - \Delta \mathcal{C}) / (1 + E + z)$$

E – норма дисконта = 0,12

z - рисковая поправка = 0,03

$$\mathcal{ЧДД}_{20} = 45945,00 \text{ руб.}$$

3. Выводы и предложения

Затраты по замене линзовых комплектов с лампами накаливания на светодиодные светофорные модули типа СЖДМ окупаются за два **первых** года эксплуатации. На протяжении срока службы (20 лет) экономия средств составит **45945 руб. на одну трехзначную светофорную головку, оборудованную модулями типа СЖДМ.**