

**Ш.М. Сүйінбаев**

Ташкентский государственный транспортный университет, Узбекистан, г. Ташкент  
e-mail: shinbolat\_84@mail.ru

## ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПЕРСПЕКТИВ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ

Роль оснащения каждой железнодорожной станции современными автоматическими и телемеханическими устройствами неопределима. Однако существует мнение, что оснащение станции электрической централизацией требует огромных капиталовложений и срок окупаемости составляет десятки лет. В ходе исследований определены причины долгосрочной окупаемости внедрения электрической централизации на станции. Выявлено, что по существующей методике оценки экономических перспектив внедрения новой технологии электрической централизации не учитывается количество сэкономленных маневровых локомотивов за счет ускорения продолжительности выполнения технологических операций на станции. В данной статье рассмотрена новая методика оценки экономической эффективности внедрения системы электрической централизации на примере развития инфраструктуры станции «Z». Объектом исследования являются магистральные и промышленные железнодорожные станции, а также их подъездные пути.

Предметом исследования является экономическая эффективность электрической централизованной системы управления.

Целью данного исследования является оценка экономических перспектив внедрения технологии электрической централизации с учётом локомотиво-часов маневровых работ.

Представлен порядок определения начальных капитальных вложений в развитие инфраструктуры станции и оснащение ее системой электрической централизации. Показаны сроки окупаемости капиталовложений, норма доходности и ежегодная экономия средств, затрачиваемых в рамках внедряемой системы электрической централизации.

**Ключевые слова:** железнодорожная инфраструктура, электрическая централизация, топливо, экономическая эффективность, чистый дисконтированный доход, норма прибыли, капитальные вложения.

Sh.M. Suyunbayev

Tashkent State Transport University, Uzbekistan, Tashkent  
e-mail: shinbolat\_84@mail.ru

### Evaluation of economic prospects for the implementation of technology of electric centralization

The role of equipping each railway station with modern automatic and telemechanical devices is invaluable. However, there is an opinion that equipping the station with electric centralization requires huge investments and the payback period is ten years. In the course of the research, the reasons for the long-term payback of the introduction of electric centralization at the station were determined. It is revealed that according to the existing methodology for assessing the economic prospects for the introduction of a new technology of electric centralization, the number of shunting locomotives saved is not taken into account due to the acceleration of the duration of technological operations at the station. This article discusses a new methodology for assessing the economic efficiency of the introduction of an electric centralization system on the example of the development of the infrastructure of the station «Z». The procedure for determining the initial capital investments in the development of the station infrastructure and equipping it with an electric centralization system is presented. The payback period of investments, the rate of return and the annual cost savings spent within the framework of the implemented electric centralization system are shown.

**Key words:** railway infrastructure, electrical centralization, fuels, economic efficiency, net present value, rate of return, capital investment.

Ш.М. Сүйінбаев

Ташкент мемлекеттік көлік университеті, Өзбекстан, Ташкент қ.  
e-mail: shinbolat\_84@mail.ru

### Электр орталықтандырудың технологиясын енгізудің экономикалық перспективаларын бағалау

Әр теміржол станциясын заманауи автоматты және телемеханикалық құрылғылармен жабдықтаудың рөлі аса маңызды. Дегенмен станцияны электр орталықтандырумен жабдықтау үлкен инвестицияларды қажет етеді және өтелу мерзімі ондаған жыл саналады. Зерттеу барысында станцияда электр орталықтандыруды енгізудің ұзақ мерзімді өтелу себептері анықталды. Электр орталықтандырудың жаңа технологиясын енгізудің экономикалық перспективаларын бағалаудың қолданыстағы әдістемесі бойынша станцияда технологиялық операцияларды орындау ұзақтығын жеделдету есебінен үнемделген маневрлік локомотивтердің саны ескерілмейтіні айқындалды. Бұл мақалада «Z» станциясының инфрақұрылымын дамыту мысалында электр орталықтандыру жүйесін енгізудің экономикалық тиімділігін бағалаудың жаңа әдістемесі қарастырылған. Зерттеу нысаны – магистральдық және өнеркәсіптік теміржол станциялары, сондай-ақ олардың кірме жолдары.

Зерттеу пәні – электрлік орталықтандырылған басқару жүйесінің экономикалық тиімділігі.

Бұл зерттеудің мақсаты – маневрлік жұмыстардың Локомотив-сағаттарын ескере отырып, электрлік орталықтандыру технологиясын енгізудің экономикалық перспективаларын бағалау.

Станция инфрақұрылымын дамытуға және оны электр орталықтандыру жүйесімен жабдықтауға бастапқы күрделі салымдарды айқындау тәртібі ұсынылған. Енгізілген электр орталықтандыру жүйесі шеңберінде жұмсалатын шығындардың қайтарылу мерзімі, кірістілік нормасы және жыл сайынғы үнемделуі көрсетілген.

**Түйін сөздер:** темір жол инфрақұрылымы, электр орталықтандыру, отын, экономикалық тиімділік, таза келтірілген құн, кіріс нормасы, күрделі салым.

## Введение

Не зря XXI век называют веком технологий. Железнодорожный транспорт служит одним из основных звеньев в развитии экономики страны. Поэтому оснащение железнодорожных станций современными автоматическими и телемеханическими устройствами имеет важное значение для безопасного прибытия грузов и пассажиров в пункты назначения в короткие сроки. В связи с этим в мире разработка новых видов микроэлектронных устройств, служащих для обеспечения безопасности движения поездов, создание энергоэффективных видов систем организации непрерывного движения, модернизация средств централизованного управления и контроля железнодорожных объектов занимают одно из лидирующих позиций. В этом направлении особенно важно внедрение современных микроконтроллеров, позволяющих осуществлять контроль и управление стрелок и сигналов на электроцентрализованных железнодорожных станциях, а также диагностику технического состояния устройств автоматики и телемеханики (Рожков, 2020: 176).

При проектировании объектов железнодорожной станции оснащение системой электрической централизации осуществляется на

основании технико-экономических расчетов, подтверждающих ее экономическую целесообразность и потребность народного хозяйства.

Оснащение железнодорожной станции системами электрической централизации осуществляется в соответствии с утвержденными техническими решениями и типовыми проектами. Анализ содержания этих документов показал то, что в них не учитывается экономия капитальных затрат от покупки маневровых локомотивов. Поскольку, перевод стрелок и сигналов на электрическую централизацию приводит к экономии локомотиво-часов, следовательно, маневровых локомотивов (при определенных объемах маневровых работ), то затраты по закупке тяговых единиц необходимо учитывать как экономию капиталовложений.

Объектом исследования являются магистральные и промышленные железнодорожные станции, а также их подъездные пути.

Предметом исследования является экономическая эффективность электрической централизованной системы управления

Целью данного исследования является оценка экономических перспектив внедрения технологии электрической централизации с учётом локомотиво-часов маневровых работ.

Задачи исследования:

- исследование вопросов эффективной организации маневровой работы на основе изменения технологий работы и инфраструктуры железнодорожных станций;

- разработка методики оценки экономической эффективности внедрения системы электрической централизации на станции с учётом локомотиво-часов маневровых работ.

В последние годы в среднем на 12% топлива расходуется больше выделенного месячного лимита при маневровых работах, возросла доля перевозок с нарушениями срока доставки грузов, которые влекут за собой немалые расходы АО «Узбекский металлургический комбинат» (далее АО «УМК»). Так, в 2021 году депо «Узбекистан» АО «УМК» израсходовало 3,036 млрд. сум для закупки топлива за один месяц на маневровую работу, вместо месячного лимита 2,899 млрд. сум. При анализе установлено, что расходы топлива в основном происходят на станциях ручного перевода стрелок, доля которых составляет около 20%. Решение – переоборудование механических стрелочных переводов на этих станциях на электрическую централизацию. Однако, по существующей методике оценки экономических перспектив, при внедрении станционной системы централизованного контроля и управления, не учитывалось количество сэкономленных маневровых локомотивов, за счет ускорения продолжительности выполнения технологических операций на станции. В связи с этим возник вопрос рассмотрения и разработки методики оценки экономической эффективности внедрения системы электрической централизации на станции с учётом локомотиво-часов маневровых работ.

### Обзор литературы

В работе (Кононов, 2003: 3-8) изложены эксплуатационные, технические и экономические вопросы проектирования электрической централизации системы ЭЦ-12-00. Описана релейно-процессорная централизация ЭЦ-МПК. В данной работе представлена эффективность от высвобождаемых поездных локомотивов при переходе на электрическую централизацию.

Основным инструментом исследования (Adrián, 2022: 14) является сравнение интервала пересечения до и после реконструкции блокировки. По результатам реконструкции показано, что движение железнодорожных поездов и его пропускную способность можно ускорить бо-

лее чем в 5 раз. Это ускорение может не только способствовать сокращению времени в пути и, следовательно, увеличению количества грузов на рассматриваемом маршруте. Цена полной реконструкции была рассчитана в размере 8 750 000 евро, включая подготовку проектной документации. Однако, не представлен алгоритм определения данной эффективности.

В статье (Арипов, 2022: 16-25) приведен метод определения занятости маневрового локомотива при выполнении технологических операций по расстановке группы вагонов по грузовым объектам на основе имитационного моделирования на станциях в двух вариантах до и после внедрения электрической централизации. Проведен сравнительный анализ времени занятости маневрового локомотива в движении и на каждой дополнительных операциях при выполнении технологических операций по подаче и уборке группы вагонов на грузовых объектах.

Результаты обзора литературы показали, что многие научные работы посвящены решению вопросов эффективной организации маневровой работы на основе изменения технологий работы и инфраструктуры железнодорожных станций, а также повышения эксплуатационной надежности и эффективности внедряемых новых технических устройств. Однако, исследования по определению экономической эффективности развития инфраструктуры железнодорожных станций с учётом экономии затрат по закупке маневровых локомотивов, выполнены в недостаточной степени.

### Методология исследования

Для разработки методики оценки экономических перспектив внедрения новой технологии электрической централизации необходимо определить затраты капитальных вложений, а именно экономии затрат от парка маневровых локомотивов, вагонов, станционных путей и стрелочных переводов. Затем для каждого варианта рассчитываются эксплуатационные затраты, зависящие от типа устройств сигнализации. Таким образом, необходимо доказать, что внедрение системы электрической централизации на станции приводит к сокращению парка маневровых локомотивов за счет экономии локомотиво-часов маневровых работ.

Определение капитальных вложений.

Капитальные вложения означают затраты на увеличение и улучшение основных фондов.

К источнику капитальных вложений относятся амортизационный фонд и прибыль, а в рыночных условиях собственные средства предприятий, заемные средства, уставной капитал и иностранные инвестиции.

Капитальные вложения на оснащение станции системой электрической централизации основываются на стоимости переоборудования одного стрелочного перевода и определяются следующим образом:

$$K_{EM} = n_{str} \cdot K_{str}, \text{ сум} \quad (1)$$

где  $n_{str}$  – количество стрелочных переводов на станции, которые необходимо переоборудовать системой электрической централизации, шт;

$K_{str}$  – стоимость оснащения одного стрелочного перевода системой электрической централизации, млн. сум.

В результате оснащения стрелочного перевода системой электрической централизации на станции снижаются затраты на поездные и маневровые локомотиво-часы, вагоно-часы за счет сокращения времени подготовки маршрутов, приема и отправления. Это приводит к экономии капитальных вложений в подвижной состав, развитию станционных путей, экономии оборотных средств на перевозки и снижению эксплуатационных расходов. Эти перечисленные факторы определяются в следующей последовательности.

Экономия от парка маневровых локомотивов:

$$\Delta K_L = \frac{N_{yuk.p} \cdot \beta_l \cdot A_l}{24} \cdot \left( \frac{0,5 \cdot n_{str}^m + 0,2 \cdot n_{str}^p}{60} - t_{EM} \right), \text{ млн. сум} \quad (2)$$

где  $N_{yuk.p}$  – среднесуточное количество маневровых поездов, находящихся на станции для всех видов работ в отчетном году, поезд;

$\beta_l$  – коэффициент, учитывающий содержание и резерв локомотивов;

$A_l$  – стоимость одного маневрового локомотива, млн. сум;

$n_{str}^m$  – среднее количество стрелок на маршруте, шт;

$n_{str}^p$  – количество стрелочных постов, участвующих в маршруте, шт;

Экономия от парка вагонного парка:

$$\Delta K_V = \frac{N_{yuk.p} \cdot m \cdot A_v \cdot \beta_v}{24} \cdot \left( \frac{0,5 \cdot n_{str}^m + 0,2 \cdot n_{str}^p}{60} - t_{EM} \right), \text{ млн. сум} \quad (3)$$

где  $m$  – средняя длина поезда в вагонах, ваг.;

$A_v$  – средняя стоимость одного вагона, млн. сум;

$\beta_v$  – коэффициент, учитывающий наличие вагонов на период планового ремонта.

Экономия от станционных путей:

$$\Delta K_{st.yo.l} = \frac{3 \cdot l_v \cdot (\Delta K_v + \Delta K_{v,m}) \cdot A_{yo.l}}{A_v}, \text{ млн. сум} \quad (4)$$

где  $l_v$  – средняя длина грузового вагона, м;

$A_{yo.l}$  – стоимость одного метра станционных путей, млн. сум.

Экономия от стрелочных переводов:

$$\Delta K_{str.oit.} = \frac{2 \cdot A_{str.oit.} \cdot \Delta K_{st.yo.l}}{A_{yo.l} \cdot l_{f,y}}, \text{ млн. сум} \quad (5)$$

где  $A_{str.oit.}$  – стоимость одного стрелочного перевода, млн. сум;

$l_{f,y}$  – средняя длина станционных путей, м.

Расчет эксплуатационных затрат.

Для каждого варианта рассчитываются эксплуатационные затраты, зависящие от типа устройств сигнализации.

Затраты на оборудование устройств сигнализации, централизации и блокировки состоят из затрат на содержание персонала, занимающегося управлением стрелок и сигналов (стрелочники, связисты, станционные дежурные), а также из затрат на их содержание и амортизацию.

Общая сумма расходов в течение года состоит из следующих компонентов:

$$I_{yil} = I_{h,y} + I_{s,a} + I_{i,s} + I_{m,e} + I_{a,t} + I_{el,s} + I_b, \text{ млн. сум} \quad (6)$$

где  $I_{h,y}$  – фонд оплаты труда работников движения и пути, млн. сум;

$I_{s,a}$  – фонд оплаты труда работников сигнализации и связи, млн. сум;

$I_{i,s}$  – фонд, рассчитанный на социальное страхование соответствующих работников;

$I_{m,e}$  – затраты на материалы и запчасти;

$I_{el,e}$  – расходы на электроэнергию, млн. сум;

$I_{a,t}$  – амортизационные отчисления от стоимости средств автоматики, телемеханики и связи, млн. сум;

$I_b$  – прочие материальные затраты, млн. сум.

Заработная плата работников выплачивается исходя из отраслевого минимального размера оплаты труда и тарифных коэффициентов, установленных в единой сетевой тарифной сетке, а также единых тарифных ставок и заработной платы, определяемых на основе доплат.

Используя разряды и тарифные коэффициенты, можно определить годовую заработную плату персонала специальностей, обслуживающих станцию на различных типах работ в следующем порядке.

$$Z_{yil} = 0,92 \cdot k \cdot 1,6 \cdot 12, \text{ млн. сум} \quad (7)$$

где 0,92 – минимальный размер оплаты труда в Республике Узбекистан, млн. сум;

$k$  – тарифный коэффициент, соответствующей должности;

1,6 – размер доплат, в том числе премии, надбавки за интенсивность труда на железнодорожном транспорте, районный коэффициент, стаж работы, ночное и праздничное время;

12 – количество месяцев в году.

В результате оснащения станции системой электрической централизации затраты, образующиеся за счет затрат времени на маневровую работу с каждым прибывшим грузовым поездом в течение суток, рассчитываются по следующей формуле (Jumayev, 2021: 1941-1960)

$$E_{vaqt}^{yil} = 10^{-6} \cdot N_t \cdot \Delta t_{ek} \cdot e_{l-s}^{man} \cdot 365, \text{ млн. сум} \quad (8)$$

где  $N_t \cdot \Delta t_{ek}$  – экономия времени при маневровых работах, выполняемых формированиями поездов в течение суток, часов;

$e_{l-s}^{man}$  – расходная ставка локомотиво-часов маневрового локомотива с бригадой, сум/час.

Эксплуатационные затраты на содержание и обслуживание системы электрической централизации с учетом экономии эксплуатационных расходов за счет улучшения показателей использования тяговых единиц составят:

В результате оснащения станции системой электрической централизации сэкономленные затраты топлива от маневровых работ, выполняемых каждым принятым грузовым поездом в течение суток, рассчитываются по следующей формуле (Jumayev, 2021: 1941-1960):

$$E_{yoql}^{yil} = 10^{-6} \cdot \Delta F \cdot N_l \cdot e_{yoql} \cdot 365, \text{ млн. сум} \quad (9)$$

где  $\Delta F$  – среднесуточный расход топлива одного маневрового локомотива, кг;

$N_l$  – количество сэкономленных маневровых локомотивов, т;

$e_{yoql}$  – стоимость одного кг топлива в производстве, сум.

В результате внедрения системы электрической централизации на станции будет сокращен необходимый парк маневровых локомотивов и вагонов, что уменьшит затраты на содержание подвижного состава.

Расчет нормы дополнительных затрат на 1 локомотиво-час маневровой работы определяется следующим образом:

$$I_{poy.soat} = m_v \cdot e_{v-s} + m_{man}^{lok} \cdot e_{l-s}^{man}, \text{ сум}$$

Годовая экономия локомотиво-часов маневровой работы выглядит следующим образом:

$$\Delta E_{poy.soat} = 365 \cdot N_{yuk.p} \cdot I_{poy.soat} \cdot \left( \frac{0,5 \cdot n_{str}^m + 0,2 \cdot n_{str}^p}{60} - t_{ES} \right) \cdot 10^{-6}, \text{ млн. сум} \quad (10)$$

Суммарные годовые затраты, подлежащие экономии на основе внедрения системы электрической централизации станции можно определить по следующей формуле:

$$\Delta E_{ek}^{yil} = \Delta K_L + \Delta K_V + \Delta K_{st.yoql} + \Delta K_{str.ot} + E_{vaqt}^{yil} + E_{yoql}^{yil} + \Delta E_{poy.soat} - \Delta I, \text{ млн. сум} \quad (11)$$

При внедрении на станции системы электрической централизации срок окупаемости рассчитывается следующим образом:

– определяется чистый дисконтированный доход ( $SDD$ ) по годам;

– проверяется, что первое положительное значение  $SDD$  соответствует сроку окупаемости полученного экономического эффекта.

Чистый дисконтированный доход можно рассчитать по следующей формуле (Терешина, 2008: 996):

$$DD = \sum_{t=1}^T (R_t - C_t) \frac{1}{(1+E)^t} = \sum_{t=0}^T \frac{\exists_t}{(1+E)^t}, \text{ млн. сум} \quad (12)$$

где  $R_t$  – общая годовая экономическая прибыль на  $t$ -этапе расчета, полученная в результате внедрения системы электрической централизации, млн. сум;

$C_t$  – капитальные затраты, осуществленные на стадии расчета (текущие затраты и инвестиции), млн. сум;

$E$  – норма дисконта;

$t$  – годы.

Если чистый дисконтированный доход ( $SDD$ ) положительный ( $SDD > 0$ ), то проект является эффективным.

Расчет расходов в первый год производится по формуле (Терешина, 2008: 996).

$$SDD = \frac{\sum R_t}{(1+E)^t} - C_t \text{ млн. сум} \quad (13)$$

Точное значение срока окупаемости капитальных вложений рассчитывается по следующей формуле (Терешина, 2008: 996).

$$T_{O/IOM} = t_1 + \frac{|SSDD_{t_1}| \cdot (t_2 - t_1)}{|SSDD_{t_2}| + |SSDD_{t_1}|} \text{ год} \quad (14)$$

где  $t_1$  – последний год, в котором сальдо  $SDD$  имеет отрицательное значение ( $SSDD_{t_1}$ );

$t_2$  – год, в котором значение сальдо  $SDD$  стало положительным ( $ISDD_{t_2}$ ).

Внутренняя норма доходности представляет собой ставку дисконтирования, при которой годовая прибыль равна капитальным вложениям (Шеремет, 1998: 343; Эшов, 2019: 1-9):

$$E_{IR} = \frac{1}{T_{O/IOM}} \quad (15)$$

Показатель рентабельности определяется как отношение суммы годовой прибыли к объему капитальных вложений (Терешина, 2008: 996):

$$RK = \frac{1}{K} \sum_{t=1}^T (R_t - C_t) \frac{1}{(1+E)^t} \quad (16)$$

Сумму дисконтированных капитальных вложений можно определить по формуле:

$$K = \sum_{t=1}^T \frac{K_t}{(1+E)^t} \text{ млн. сум} \quad (17)$$

где  $K$  – сумма дисконтированных капитальных вложений;

$K_t$  – капитальные вложения на  $t$ -этапе расчета.

## Результаты и их обсуждение

Поясним приведенную выше последовательность расчётов на основе показателей, определенных на примере железнодорожной станции «Z», показанных в таблице 1.

**Таблица 1** – Показатели, определяемые на железнодорожной станции «Z»

№ п/п	Наименование показателя	Условное значение	Числовое значение
1	Количество стрелочных переводов на станции, планируемых оборудовать системой электрической централизации, шт*	$n_{str}$	38
2	Стоимость оснащения одного стрелочного пееревода системой электрической централизации, млн. сум. Можно основываться на <a href="https://www.rusprofile.ru/id/3588999">https://www.rusprofile.ru/id/3588999</a>	$K_{str}$	271,5
3	Среднесуточное количество грузовых поездов, отправляющихся со станции во всех направлениях в течение отчетного года, поезд*	$N_{yukp}$	5
4	Коэффициент, учитывающий ремонт и резерв локомотивов (с учетом того, что станция «Z» расположена на однопутном участке, обслуживаемом маневровыми тепловозами ТЭМ-2 определяется согласно Нормам технологического проектирования и технико-экономические показатели железнодорожного транспорта металлургических заводов – ВНТП I-18-79)	$\beta_l$	1,24
5	Стоимость одного маневрового локомотива, млн. сум. Можно основываться на <a href="https://promportal.su/tags/40034/teplovoz-tem2/">https://promportal.su/tags/40034/teplovoz-tem2/</a>	$A_l$	3620
6	Среднее количество стрелок в маршруте, (принимаются стрелочные переводы 1;3;5;9;11;13;12;14;8;10;2;4)*	$n_{str}^m$	12

Продолжение таблицы

7	Количество стрелочных постов, участвующих в маршруте, шт.*	$n_{str}^p$	2
8	Средняя длина маневрового состава в вагонах, ваг.*	$m$	45
9	Коэффициент, учитывающий наличие вагонов при плановом ремонте, определяющий согласно Нормам технологического проектирования и технико-экономические показатели железнодорожного транспорта металлургических заводов – ВНТП I-18-79	$\beta_v$	1,14
10	Средняя стоимость одного вагона. По курсу ЦБ РУз на 30 августа 2022 года ( <a href="https://cbu.uz/ru/">https://cbu.uz/ru/</a> ) составляет 66669 швейцарских франков = 756,256 млн. сум (Договор, 2020: 159)	$A_v$	756 256
11	Средняя длина грузовых вагонов, м	$l_v$	14,3
12	Стоимость одного метра станционных путей, млн. сум. Определяется на основании <a href="https://www.vsp74.ru/strelochne-perevody.html">https://www.vsp74.ru/strelochne-perevody.html</a>	$A_{yotl}$	6,38
13	Цена одного стрелочного перевода, млн сум. Определяется на основании <a href="https://www.mtrk.ru/calculation/">https://www.mtrk.ru/calculation/</a>	$A_{stort}$	720,16
14	Средняя длина станционных путей, м*	$l_{fy}$	850
Рассчитано автором самостоятельно на основе данных АО «Самаркандкимё».			

Результаты расчета капитальных вложений и затрат, определенные по формулам (1)-(5) на основании данных таблицы 1, следующие:

$$K_{EM} = 271,5 \cdot 38 = 10317 \text{ млн. сум}$$

$$\Delta K_L = \frac{5 \cdot 124 \cdot 3620}{24} \cdot \left( \frac{0,5 \cdot 12 + 0,2 \cdot 2}{60} - 0,001 \right) = 98,82 \text{ млн. сум}$$

$$\Delta K_V = \frac{5 \cdot 45 \cdot 756,246 \cdot 1,14}{24} \cdot \left( \frac{0,5 \cdot 12 + 0,2 \cdot 2}{60} - 0,001 \right) = 854,038 \text{ млн. сум}$$

$$\Delta K_{stort} = \frac{3 \cdot 14,3 \cdot (854,038 + 0) \cdot 6,38}{756,246} = 309,1 \text{ млн. сум}$$

$$\Delta K_{strort} = \frac{2 \cdot 720,16 \cdot 309,1}{2 \cdot 38 \cdot 850} = \text{млн. сум}$$

Расчет эксплуатационных расходов в случае ручного управления стрелочными переводами:

Определение численности работников на станции осуществляется на основании «Нормативов показателей работы дистанций сигнализации и связи АО «Узбекский металлургический комбинат»» от 14 мая 2019 года.

В таблице 2 представлен годовой фонд оплаты труда работников движения и путевого хозяйства, а также подразделения сигнализации, централизации и блокировки СЦБ в условиях без электрической централизации стрелок.

Таблица 2 – Фонд оплаты труда рабочих в условиях без электрической централизации

Должность	Разряды*	Тарифный коэффициент*	Кол-во**	Годовая заработная плата, млн. сум**
Начальник станции	11	4,35	1	76,84
Дежурный по станции	7	3,54	5	312,65
Дежурный по стрелочному посту	4	2,52	9	400,62
Старший электромеханик	8	3,90	1	68,9
Электромеханик	6	3,28	1	57,94
Электромонтер	5	3,01	1	53,17
Общий $I_{h,y} + I_{s,a}$				970,12
Рассчитано автором самостоятельно на основе данных АО «Самаркандкимё».				
Рассчитано автором самостоятельно на основе данных штатного расписания производственного персонала.				

Фонд, рассчитанный на социальное страхование работников всех хозяйств, составляет 26,7% годовой заработной платы. Тогда

$$I_{i.s} = 970,12 \cdot 0,267 = 259,02 \text{ млн. сум}$$

Энергозатраты на освещение стрелочных постов и стрелочных переводов определяются исходя из мощности электрических лампочек и средней продолжительности горения в год.

Цена электроэнергии составляет 650 сумов за 1 кВт/час. Время горения лампочек в стрелочных переводах составляет 2920 час, в стрелочных постах – 4920 часов в среднем. Мощность этих лампочек составляет 15 и 50 Вт соответственно.

Расходы, связанные с электроэнергией, определяются в следующем порядке:

$$I_{el.e} = 650 \cdot (0,05 \cdot 4920 \cdot 4 + 0,015 \cdot 2920 \cdot 38) = 1721460 \text{ сум} = 1,72 \text{ млн. сум.}$$

Расходы на материалы и запчасти составляют в 7,5 раз больше, чем расходы, связанные с электроэнергией. Тогда

$$I_{m.e} = 7,5 \cdot 1,72 = 12,9 \text{ млн. сум.}$$

Амортизационные отчисления за существующее состояние станции в условиях без электрической централизации будет  $I_{a.t} = 0$ .

Прочие материальные затраты составляют 3% от общей годовой заработной платы работников станции:

$$I_b = 970,12 \cdot 0,03 = 29,1 \text{ млн. сум.}$$

Таким образом, общая сумма годовых эксплуатационных расходов для станции, не оборудованной системой электрической централизации, по формуле (6) составит:

$$I_{yil}^{B,EM} = 970,12 + 259,02 +$$

$$+ 12,9 + 1,72 + 29,1 = 1272,86 \text{ млн. Сум}$$

Расчет годовых эксплуатационных расходов при оборудовании стрелочных переводов системой электрической централизации.

В таблице 3 представлен годовой фонд оплаты труда работников движения и путевого хозяйства, а также подразделения сигнализации, централизации и блокировки СЦБ в условиях с электрической централизацией стрелок.

Таблица 3 – Фонд оплаты труда рабочих в условиях электрической централизации

Должность	Разряды*	Тарифный коэффициент*	Кол-во**	Годовая заработная плата, млн. сум**
Начальник станции	11	4,35	1	76,84
Дежурный по станции	7	3,54	5	312,65
Монтер по очистке стрелок	4	2,28	3	120,82
Старший электромеханик	8	3,90	1	68,9
Электромеханик	6	3,28	2	115,87
Электромонтер	5	3,01	2	106,34
Общий $I_{h,y} + I_{s,a}$				801,4

Рассчитано автором самостоятельно на основе данных АО «Самаркандкимё».  
Рассчитано автором самостоятельно на основе данных штатного расписания производственного персонала.

Все расходы определяются в следующем порядке:

$$I_{i.s} = 801,4 \cdot 0,267 = 213,97 \text{ млн. сум.}$$

$$I_{m.e} = 10317 \cdot 0,015 = 154,76 \text{ млн. сум.}$$

$$I_{el.e} = 10317 \cdot 0,002 = 20,63 \text{ млн. сум.}$$

$$I_{a.t} = 10317 \cdot 0,04 = 412,68 \text{ млн. сум.}$$

$$I_b = 10317 \cdot 0,05 = 515,85 \text{ млн. сум.}$$

Таким образом, общая сумма годовых эксплуатационных расходов для станции, оборудованной системой электрической централизации, составит:

$$I_{\text{yil}}^{\text{EM}} = 801,4 + 213,97 + 154,76 + \\ + 20,63 + 412,68 + 515,85 = 2119,29 \text{ млн. Сум}$$

$$\Delta I = I_{\text{yil}}^{\text{EM}} - I_{\text{yil}}^{\text{B,EM}} = 2119,29 - 1272,86 = 846,43 \\ \text{млн. Сум}$$

Таким образом, годовые эксплуатационные расходы станции в результате оснащения станции электрической централизацией, больше чем без электрической централизации. Разница в этих избыточных расходах, в свою очередь, вычитается из годовой экономической прибыли.

Разница в стоимости между двумя вариантами составит:

Продолжительность занятости маневрового локомотива на станции «Z» в течение суток приведена в табл. 4. Из табл. 4 видно, что за счет оснащения станции «Z» системой электрической централизации продолжительность выполнения маневровых работ в течение суток сокращается до 2691 локомотиво-минуты, т.е. 44,85 локомотиво-часов.

**Таблица 4** – Продолжительность занятости маневрового локомотива на станции «Z» в течение суток

Оснащения	Продолжительность операции, мин.						Общий
	1	2	3	4	5	6	
Без электрической централизации	300	620	280	486	993	4139	6818
С электрической централизацией	170	350	445	274	559	2329	4127

Примечание: по данным источника (Арипов, 2022: 16-25)

В результате развития инфраструктуры станции, за счет оснащения ее системой электрической централизации, появляется возможность выполнять маневровые работы 5-ю маневровыми локомотивами, вместо 8-ми маневровых локомотивов в сутки. Следовательно, эта стоимость определяется сэкономленным расходом топлива от 3-х маневровых тепловозов.

Среднесуточный расход топлива одного маневрового тепловоза по данным научной работы (Арипов, 2022: 54-59; Kałuza, 2016: 82-93; Rassõlkin, 2012: 606-609; Yong-Ki, 2017: 76) составляет в среднем 214 кг.

Показатели, рассчитанные в ходе исследования, и их основные результаты освещены в работе (Арипов, 2022: 16-25) и приведены в табл. 5.

**Таблица 5** – Показатели, рассчитанные на железнодорожной станции «Z»

№ п/п	Наименование показателя	Условное значение	Числовое значение
1	Средняя экономия времени при маневровых работах, локомотив-час	$N_t \cdot \Delta t_{\text{ek}}$	44,85
2	Расходная ставка одного локомотиво-часа маневрового тепловоза с бригадой, сум/час	$e_{i-s}^{\text{man}}$	218 913
3	Среднесуточный расход топлива одного маневрового тепловоза, кг.	$\Delta F$	214
4	Стоимость одного кг топлива в производстве, сум	$e, \dot{e}$	11987,19
5	Количество сэкономленных маневровых тепловозов, шт	$N_t$	3
6	Расходная ставка одного вагоно-часа, сум	$e_{v-s}$	973

Примечание: по данным источника (Арипов, 2022: 16-25, Vertakova, 2017: 1851-1858, Kałuza, 2016: 82-93)

Используя формулы (8) и (9), можно определить экономию времени и затрат на топливо на основе данных таблицы 5.

$$E_{\text{vaqt}}^{\text{yil}} = 10^{-6} \cdot 44,85 \cdot 218913 \cdot 365 = 3583,66$$

млн. сум.

$$E_{\text{yoql}}^{\text{yil}} = 10^{-6} \cdot 214 \cdot 3 \cdot 11987,19 \cdot 365 = 2808,96$$

млн. сум.

По формуле (10) годовая экономия маневрового локомотиво-часов маневрового движения составит:

$$\Delta E_{\text{poy.soat}} = 365 \cdot 5 \cdot 262698 \cdot \left( \frac{0,5 \cdot 12 + 0,2 \cdot 2}{60} - 0,001 \right) \cdot 10^{-6} = 50,66 \text{ млн. сум.}$$

По формуле (11) суммарные годовые затраты, подлежащие экономии на основе внедрения системы электрической централизации станции составят:

$$\Delta E_{\text{ek}}^{\text{yil}} = 98,82 + 854,038 + 309,1 + 82,1 + 33583,66 + +2808,96 + 50,66 - 846,43 \approx 6941 \text{ млн. сум}$$

В результате расчетов общая годовая экономическая прибыль, полученная от внедрения системы электрической централизации на станции «Z», составляет 6941 млн. сум. Доля годовой экономии, лежащей в основе этой выгоды, представлена на рисунке 1.

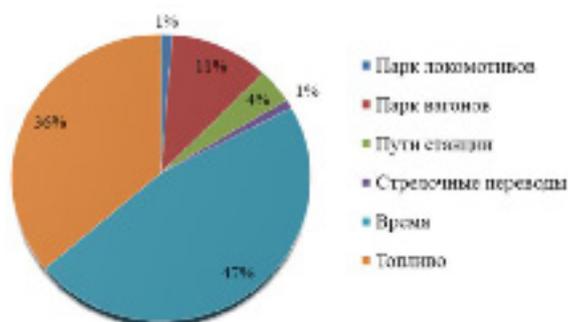


Рисунок 1 – Доля годовой экономии в результате изменения инфраструктуры станции

Примечание: по данным источника (Zhang, 2015: 102–116)

Результаты расчета срока окупаемости внедрения на станции «Z» системы электрической централизации представлены в табл. 6.

Таблица 6 – Таблица расчета чистого дисконтированного дохода

Годы	Капитальные затраты, $R_t$ млн. сум	Общая годовая экономическая прибыль, $R_t$ млн. сум	$\frac{1}{i}$	Годовой доход млн. сум	Чистый дисконтированный доход (SDD) млн. сум
1	10317	6941	0,862	-4333 379	-4333 379
2	-	6941	0,743	5158 294	824 914
3	-	6941	0,641	4446 805	5271 719
4	-	6941	0,552	3833 453	9105 172

Примечание: по данным источника (Rassölkin, 2011: 7-10)

Исходя из расчетов данных, представленных в таблице 6, видно, что годовой экономический эффект в 1-м году составляет 5983,142 млн. сум, годовой экономический эффект во 2-м году 5158,294 млн. сум. Из табл. 6 видно, что на 2-м году реализации проекта

$$SDD = 824,914 \text{ млн. сум}$$

По формуле (14) срок окупаемости капитальных вложений составит:

$$T_{OUM} = 1 + \frac{|4333,379| \cdot (2-1)}{824,914 + |4333,379|} = 1,84 \text{ год}$$

Результаты расчетов срока окупаемости капитальных вложений показаны на рис. 2. Из рис. 2 видно, что капитальные вложения в систему электрической централизации, внедряемой на станции «Z», окупятся через 2 года.

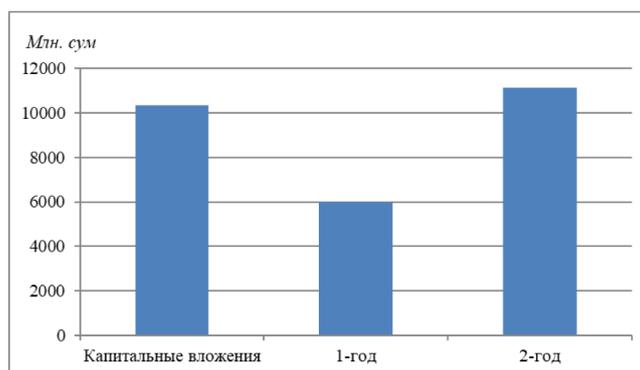


Рисунок 2 – Срок окупаемости капитальных вложений

Примечание: по данным источника (Арипов, 2022: 16-25)

По формуле (15) внутренняя норма доходности

$$E_{IR} = 0,54$$

По формуле (17) сумма дисконтированных капитальных вложений составит

$$K = \frac{10317}{1+0,16} = 8893,97 \text{ млн. сум}$$

По формуле (16) показатель рентабельности составит

$$RK = \frac{1}{8893,97} \cdot \frac{6941}{1,16} = 0,67$$

### Заключение

В условиях цифровизации всех отраслей народного хозяйства, необходимо четко оценить экономическую эффективность системы управления электрической централизацией. На желез-

нодорожном транспорте до сих пор существуют станции, где имеется человеческий труд по переводу стрелок вручную. Причина в том, что по существующей методике оценки экономических перспектив внедрения данной технологии электрической централизации не учитывается количество сэкономленных маневровых локомотивов за счет ускорения продолжительности выполнения технологических операций на станции.

Учитывая вышеизложенное, автором разработана методика оценки экономической эффективности внедрения системы электрической централизации на станции. На примере развития инфраструктуры станции «Z» представлен порядок определения начальных капитальных вложений в развитие инфраструктуры станции и оснащение ее системой электрической централизации. Показаны сроки окупаемости капиталовложений, норма доходности и ежегодная экономия затрат, затрачиваемых в рамках внедряемой системы электрической централизации. обосно-

вано, что при принятых параметрах оснащения станции оборудованием централизации, капитальные вложения в данную систему управления, внедряемой на станции «Z», окупятся через 2 года.

Данное исследование финансируется Комитетом Науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках грантового финансирования научных и (или) научно-технических проектов (грант №AP14871940).

### Литература

Adrián Šperka, Michal Valla, Eva Nedeliaková, Juraj Čamaj (2022) "Impact of Change of the Interlocking on the Acceleration of Railway Transport: A Case Study from the Podbrezová Railway Station", *Journal of Advanced Transportation*, vol. 2022, Article ID 3785474, 14 pages, <https://doi.org/10.1155/2022/3785474>.

Aripov N.M., Suyunbayev Sh.M., Xusenov O.O. (2022). [et al.] Elektr markazlashtirilmagan stansiyalarda manyovr lokomotivining yuk ob'ektlariga xizmat ko'rsatish texnologik operatsiyalarini bajarishda band bo'lish davomiyligini aniqlash usuli // Молодой специалист. – № 1. – Pp. 16-25 <https://elibrary.ru/item.asp?id=48615920>.

Арипов Н.М., Суюнбаев Ш.М., Наженев Д.Я., Хусенов У.У. (2022) Анализ выполнения нормы расхода топлива маневровым локомотивом на станции «К» // Молодой специалист. – Т.1. – № 2. – С. 54-59. – EDN TCDJZM. <https://elibrary.ru/item.asp?id=48621596>.

Договор о пользовании грузовыми вагонами в международном сообщении (Договор о ПГВ) (с изменениями и дополнениями по состоянию на 19 июня 2018 года). – Польша: Варшава, 2020. – 159 с.

Кононов В.А., Лыков А.А., Никитин А.Б. (2023) Основы проектирования электрической централизации промежуточных станций: Учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп. / Под ред. В.А. Кононова – М.: УМК МПС России. – 316 с.

Нормы времени на маневровые работы, выполняемые на железнодорожных станциях ОАО «РЖД», нормативы численности бригад маневровых локомотивов. – М.: ОАО «РЖД», 2006. – 102 с.

Рожков А.В., Суюнбаев Ш.М., Балабаев О.Т., Адилова Н.Д., Машарипов М.Н. (2020) Оптимизация внутривозовских железнодорожных перевозок: Монография / Ташкентский государственный транспортный университет. – Ташкент: Изд-во Complex Print. – 176 с.

Шеремет А.Д., Сайфулин Р.С. (1998) Финансы предприятий. – М.: ИНФРА-М. – 343 с.

Экономика железнодорожного транспорта: учеб. для вузов ж.-д. транспорта / Под ред. Терешинной Н.П., Лapidуса Б.М., Трихункова М.Ф. – М.: УМЦ ЖДТ, 2008. – 996 с.

Kałuza Andrzej (2016). Shunting locomotives in industrial sidings in Poland 2009-2013. *Transportation Research, Part D*. №49. – 82-93 p. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.08.031>.

Rassölkin Anton (2012), Höimoja Hardi. Switching Locomotive as a Part of Smart Electrical Grid // *IFAC Proceedings Volumes*. Volume 45, Issue 21, p. 606-609. <https://doi.org/10.3182/20120902-4-FR-2032.00106>.

Vertakova Y., Kurbanov A., Plotnikov V. (2017) Approaches to the implementation of strategic innovation and investment projects for development industry of the territory // *Proceedings of the 30th International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2017 – Vision 2020: Sustainable Economic development, Innovation Management, and Global Growth* 30. – С. 1851-1858.

Yong-Ki Kima, Jae-Young Leea, Youngho Rhee, Yoon-Young Chuna (2017). Country-specific greenhouse gas emission factors of diesel-electric locomotive in Korea, *Transportation Research, Part D*. – №57. – P. 76. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.09.009>.

Zhang L., Gudmundsson O., Li H., Svendsen S. (2015) Comparison of District Heating Systems Used in China and Denmark // *International Journal of Sustainable and Green Energy*. – V. 4. – Pp. 102-116.

Rassölkin A. (2011). Possible Solutions of Using MultiEngine Power Systems for Switching Locomotives. (Eds.) Janis Zakis. In: *Conference Info 7th International Conference-Workshop "Compatibility and Power Electronics" CPE 2011, Student Forum Tallinn, Estonia: IEEE*. Pp. 7-10.

### References

Adrián Šperka, Michal Valla, Eva Nedeliaková, Juraj Čamaj (2022) "Impact of Change of the Interlocking on the Acceleration of Railway Transport: A Case Study from the Podbrezová Railway Station", *Journal of Advanced Transportation*, vol. 2022, Article ID 3785474, 14 pages, <https://doi.org/10.1155/2022/3785474>.

Aripov N.M., Suyunbayev SH.M., Nazhenov D.YA., Husenov U.U. (2022) Analiz vypolneniya normy rashkoda topliva manevrovym lokomotivom na stancii "K" // *Molodoy specialist*. – Т.1. – № 2. – Pp. 54-59. – EDN TCDJZM. <https://elibrary.ru/item.asp?id=48621596>.

Aripov N.M., Suyunbayev Sh.M., Xusenov O.O (2022). [et al.] Elektr markazlashtirilmagan stansiyalarda manyovr lokomotivining yuk ob'ektlariga xizmat ko'rsatish texnologik operatsiyalarini bajarishda band bo'lish davomiyligini aniqlash usuli // *Molodoy specialist*. – № 1. – Pp. 16-25 <https://elibrary.ru/item.asp?id=48615920>.

Dogovor o pol'zovanii gruzovymi vagonami v mezhdunarodnom soobshchenii (Dogovor o PGV) (s izmeneniyami i dopolneniyami po sostoyaniyu na 19 iyunya 2018 goda. Pol'sha: Varshava, 2020. – 159 s.

Ekonomika zheleznodorozhnogo transporta: ucheb. dlya vuzov zh.-d. transporta / Pod red. Tereshinoj N.P., Lapidusa B.M., Trihunkova M.F. – М.: UMC ZHDT, 2008. – 996 s.

Kaluza Andrzej (2016). Shunting locomotives in industrial sidings in Poland 2009-2013. *Transportation Research, Part D*. №49. – 82-93 r. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.08.031>.

Kononov V.A., Lykov A.A., Nikitin A.B. (2023) *Osnovy proektirovaniya elektricheskoy centralizacii promezhutochnyh stancij: Ucheb. posobie dlya vuzov zh.-d. transp./ Pod red. V.A. Kononova* – M.: UMK MPS Rossii. – 316 s.

Normy vremeni na manevrovye raboty, vypolnyaemye na zheleznodorozhnyh stanciyah OAO «RZHD», normativy chislennosti brigad manevrovyh lokomotivov. M.: OAO «RZHD», 2006. – 102 s.

Rassõlkin A. (2011). Possible Solutions of Using MultiEngine Power Systems for Switching Locomotives. (Eds.) Janis Zakis. In: *Conference Info 7th International Conference-Workshop "Compatibility and Power Electronics" CPE 2011, Student Forum Tallinn, Estonia: IEEE*. r. 7-10.

Rassõlkin Anton (2012), Hõimoja Hardi. Switching Locomotive as a Part of Smart Electrical Grid // *IFAC Proceedings Volumes. Volume 45, Issue 21*, r. 606-609. <https://doi.org/10.3182/20120902-4-FR-2032.00106>.

Rozhkov A.V., Suyunbaev SH.M., Balabaev O.T., Adilova N.D., Masharipov M.N. (2020) *Optimizaciya vnutrizavodskih zheleznodorozhnyh perevozok: Monografiya / Tashkentskij gosudarstvennyj transportnyj universitet*. – Tashkent: Izd-vo Complex Print. – 176 c.

SHeremet A.D., Sajfulin R.S. (1998) *Finansy predpriyatij*. –M.: INFRA-M. – 343 s.

Vertakova Y., Kurbanov A., Plotnikov V. (2017) Approaches to the implementation of strategic innovation and investment projects for development industry of the territory // *Proceedings of the 30th International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2017 – Vision 2020: Sustainable Economic development, Innovation Management, and Global Growth 30*. – Pp. 1851-1858.

Yong-Ki Kima, Jae-Young Leea, Youngho Rhee, Yoon-Young Chuna (2017). Country-specific greenhouse gas emission factors of diesel-electric locomotive in Korea, *Transportation Research, Part D*. №57. – r. 76. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.09.009>.

Zhang L., Gudmundsson O., Li H., Svendsen S. (2015) Comparison of District Heating Systems Used in China and Denmark // *International Journal of Sustainable and Green Energy*. V. 4. r. 102-116.