

УДК 625.173

Д.В. Величко, О.Г. Юдин

Расчет технико-экономической эффективности капитального ремонта железнодорожного пути с частичным повторным использованием элементов верхнего строения пути

В статье изложена методика расчета технико-экономической эффективности капитального ремонта железнодорожного пути на основе технологического процесса, разработанного Западно-Сибирской дирекцией по ремонту пути совместно со специалистами Сибирского государственного университета путей сообщения. Приведены результаты практических расчетов, подтверждающие экономическую эффективность применения данного способа ремонта пути.

Ключевые слова: *железнодорожный путь, капитальный ремонт, организация и технология, технико-экономическая эффективность.*

Задача оценки эффективности организации ремонта железнодорожных путей с частичным повторным использованием элементов верхнего строения пути (ВСП) напрямую связана с необходимостью внедрения эффективных организационных и технологических решений в процесс работы железнодорожного транспорта и рационального использования материально-технических ресурсов. Технологический процесс капитального ремонта пути с частичным повторным использованием элементов ВСП был разработан специалистами Западно-Сибирской дирекции по ремонту пути совместно с сотрудниками Сибирского государственного университета путей сообщения в 2013 г.

Для оценки технико-экономической эффективности данного процесса нами был рассмотрен первый путь перегона Тогучин – Изынский ЗСЖД: класс / группа / группа / категория пути 2Б3; пропущенный тоннаж – 920 млн т; грузонапряженность – 67,3 млн т брутто/км в год; скорость движения пассажирских поездов – 100 км/ч, грузовых – 80 км/ч.

На участке с 1995 г. эксплуатируется бесстыковой путь, рельсы типа Р-65, шпалы железобетонные, скрепления типа КБ-65, балласт щебеночный. До проведения среднего ремонта в 2011 г. на участке лежали рельсовые плети длиной до 800 м, после ремонта – рельсовые плети длиной в перегон [1].

Сравнению были подвергнуты два варианта проведения технологического процесса капитального ремонта пути: 1-й вариант – на

новых материалах; 2-й вариант – с частичным повторным использованием элементов ВСП.

Ремонтируемый участок пути (16,7 км) закрывается на весь период выполнения основных работ: 1-й вариант – три технологических «окна» продолжительностью 8 ч, три технологических «окна» продолжительностью 12 ч, закрытие перегона на 8 сут; 2-й вариант – два технологических «окна» продолжительностью 8 ч, закрытие перегона на 11 сут [2].

Фронт работ для основных, подготовительных и отделочных работ принимается равным 3 000 м. Объемы основных работ, подлежащих выполнению на ремонтируемом участке, приведены в табл. 1.

Сравниваемые технологии капитальных ремонтов пути выполняются за восемь этапов в нижеприведенной последовательности (табл. 2).

Работы по капитальному ремонту пути в обоих вариантах выполняются силами путевой машинной станции (табл. 3).

Как видно из табл. 3, выполнение работ по второму варианту позволяет высвободить 43 чел. за счет перенесения работ по переборке рельсошпальной решетки с производственной базы на перегон. Потребности в путевых машинах и механизмах существенно не отличаются друг от друга.

Сравнение вариантов производится по основным параметрам [3, 4].

Трудоемкость производственного процесса, отнесенная к 1 км пути,

$$A = \frac{\sum Q}{t_{\text{см}} l_{\text{фп}}}, \quad (1)$$

где $\sum Q$ – сумма трудозатрат по технологическому процессу, чел.-мин; $t_{см}$ – продолжительность рабочей смены (рабочего дня), мин; $t_{фр}$ – фронт работ, км.

При проведении ремонта на новых материалах

$$A = \frac{95188}{720 \cdot 3} = 44,07 \text{ чел. - дн./км}$$

При проведении ремонта на старогодных материалах

$$A = \frac{148224}{720 \cdot 3} = 68,62 \text{ чел. - дн./км}$$

Таблица 1

Объем основных работ

Наименование работ	Ед. изм.	Объем работ на 1 км	
		1-й вариант	2-й вариант
Замена существующего пути на новую рельсошпальную решетку с инвентарными рельсами на железобетонных шпалах	м	1 000	–
Замена инвентарных рельсов на рельсовые плети бесстыкового пути со скреплением КБ и сваркой плетей	м	–	1 000
Замена инвентарных рельсов на бесстыковые плети	м	1 000	–
Замена дефектных железобетонных шпал со скреплением КБ	шт.	–	36
Укладка железобетонных шпал со скреплением ЖБР	шт.	1 840	–
Замена негодных элементов скреплений	шт.	–	5 806
Очистка балласта машиной RM-2002	м ³	2136	
Нарезка водоотводных канав машиной СЗП-600	м ³	52	

Таблица 2

Этапность выполнения капитальных ремонтов

Номер этапа	Состав этапов технологического процесса капитального ремонта пути	
	1-й вариант	2-й вариант
1	Подготовительный	
2	Основные работы по замене старогодных бесстыковых плетей на инвентарные рельсы	Основные работы по очистке балласта
3	Основные работы по очистке балласта	Основные работы по замене дефектных шпал
4	Основные работы по замене рельсошпальной решетки с уплотнением очищенного щебня виброролкатами	Основные работы по замене дефектных скреплений
5	Основные работы по балластировке и выправке пути	Основные работы по замене старогодных плетей на плети бесстыкового пути со скреплением КБ и сваркой плетей
6	Основные работы по замене инвентарных рельсов на плети бесстыкового пути и сваркой плетей	Основные работы по балластировке и выправке пути
7	Основные работы по окончательной выправке пути	
8	Отделочные работы	

Таблица 3

Производственный состав

Наименование машин	Количество человек	
	1-й вариант	2-й вариант
Механизированная колонна производственной базы	65	–
Путевая колонна основных, подготовительных и отделочных работ	144	155
Цех по обслуживанию машин и механизмов основного производства	72	83
Итого	281	238
Производитель работ	2	2
Геодезисты	2	2
Технологи	2	2
Мастера	5	5
Итого	11	11
Всего	292	249

Производительность труда

$$П = \frac{1000}{A} \quad (2)$$

При проведении ремонта на новых материалах

$$П = \frac{1000}{44,07} = 22,69 \text{ м/чел.-дн.}$$

При проведении ремонта на старогодных материалах

$$П = \frac{1000}{68,62} = 14,57 \text{ м/чел.-дн.}$$

Суточная выработка при выполнении работ на закрытом перегоне

$$B = \frac{l_{\text{уч}}}{T}, \quad (3)$$

где T – продолжительность закрытия перегона, сут; $l_{\text{уч}}$ – протяженность ремонтируемого участка, км.

При выполнении ремонта на новых материалах

$$B = \frac{16,7}{9,8} = 1,704 \text{ км/сут.}$$

При выполнении ремонта на старогодных материалах

$$B = \frac{16,7}{11} = 1,518 \text{ км/сут.}$$

Расчет затрат труда монтеров пути для двух сравниваемых вариантов приведен в табл. 4.

Затраты труда сигналистов при выполнении ремонта пути на участке

$$Q_{\text{сигн}} = \frac{N_{\text{сигн}} \cdot 12t_{\text{пер}}}{l_{\text{фр}}}, \quad (4)$$

где $N_{\text{сигн}}$ – количество сигналистов по технологическому процессу, чел.; $t_{\text{пер}}$ – период

Таблица 4

Затраты труда монтеров пути

Наименование работ	Затраты труда по технологическому процессу на 1 км пути, чел.-ч		Надбавка к затратам труда на подготовку работы			Всего с надбавкой, чел.-ч	
	1-й вариант	2-й вариант	в процентах	в чел.-ч		1-й вариант	2-й вариант
				1-й вариант	2-й вариант		
Подготовительные работы	9,99	5,84	11,9	1,19	0,69	11,18	6,53
Замена плетей на инвентарные рельсы	211,91	–	26,3	55,73	–	267,64	–
Основные работы по очистке балласта	30,69	30,69	26,3	8,07	8,07	38,76	38,76
Основные работы по замене рельсошпальной решетки	92,58	–	26,3	24,35	–	116,93	–
Основные работы по балластировке и выправке пути	4,08	4,08	26,3	1,07	1,07	5,15	5,15
Замена инвентарных рельсов на рельсовые плети бесстыкового пути со сваркой плетей	155,81	145,78	26,3	40,98	38,34	196,70	184,12
Основные работы по окончательной выправке пути	0,35	0,35	26,3	0,09	0,09	0,44	0,44
Отделочные работы	23,41	23,41	11,9	2,79	2,79	26,20	26,20
Сборка новых и разборка старых звеньев рельсошпальной решетки	819,05	–	10,8	88,46	–	907,51	–
Основные работы по замене дефектных шпал	–	50,16	21,1	–	10,58	–	60,74
Основные работы по замене дефектных креплений	–	563,19	21,1	–	118,83	–	682,02
Итого	1347,87	823,15	–	222,73	180,46	1570,51	1003,96

предоставления окон, дн.; 12 – продолжительность рабочей смены, ч.

$$Q_{\text{сигн}} = \frac{12 \cdot 12 \cdot 1}{3} = 48 \text{ чел. - ч.}$$

Затраты труда на доставку монтеров пути к месту работы

$$Q_d = \frac{2NL_d}{V}, \quad (5)$$

где N – количество занятых монтеров пути на работе чел.; L_d – расстояние от базы до места работы, км; V – скорость следования рабочего поезда, км/ч.

При выполнении ремонта по 1-му варианту

$$Q_d = \frac{2 \cdot 94 \cdot 70}{50} = 263,2 \text{ чел. - ч.}$$

При выполнении ремонта по 2-му варианту

$$Q_d = \frac{2 \cdot 130 \cdot 70}{50} = 364 \text{ чел. - ч.}$$

Стоимость ремонта одного километра пути складывается из стоимости затрат труда монтеров пути, стоимости эксплуатации машин и механизмов, стоимости материалов ВСП и др.

Расчет стоимости затрат труда монтеров пути ведется в табличной форме (табл. 5).

Средняя тарифная ставка выполняемых работ по 1-му варианту

$$T_{4,1} = T_4 + (T_5 - T_4) \cdot 0,1,$$

$$T_{4,1} = 67,3 + (75,49 - 67,3) \cdot 0,1 = 68,12 \text{ р.}, \quad (6)$$

где T_4 , T_5 – тарифная ставка монтеров пути 4-го и 5-го разрядов, р.

Средняя тарифная ставка выполняемых работ по 2-му варианту

$$T_{3,87} = T_3 + (T_4 - T_3) \cdot 0,87,$$

$$T_{3,87} = 58,04 + (67,3 - 58,04) \cdot 0,87 = 66,1 \text{ р.}, \quad (7)$$

где T_3 , T_4 – тарифная ставка монтеров пути 3-го и 4-го разрядов.

Стоимость эксплуатации машин и механизмов складывается из стоимости выезда хозяйственного поезда на участок работ и стоимости работы машины.

Время на один выезд хозяйственного поезда на перегон без учета работы составляет 10,3 ч, из них:

– время на формирование хозяйственного поезда и их осмотр – 0,5 ч;

– выезд хозяйственного поезда с базы и заезд на базу – 1 ч;

Таблица 5

Стоимость затрат труда на 1 км пути

Вариант	Стоимость затрат труда, р.	Надбавка за передвижной характер работы, р.	Премияльные до 60 %, р.	Поясной коэффициент, р.	Заработная плата за вредные условия труда, р.	Фонд оплаты труда, р.
1	127 698,24	30 647,58	76 618,94	25 539,65	6 384,91	266 889,32
2	104 220,18	25 012,85	62 532,12	20 844,04	5 211,01	217 820,20

Таблица 6

Исполнительная калькуляция на капитальный ремонт пути

Вид затрат	Ед. изм.	Количество		Цена, тыс. р.	Сумма, тыс. р./км	
		1-й вариант	2-й вариант		1-й вариант	2-й вариант
1. Прямые затраты:						
затраты труда	чел.-ч	1570,51	1003,96	–	–	–
фонд оплаты труда монтера пути	р.	–	–	–	266,889	217,820
стоимость эксплуатации машин и механизмов без заработной платы машинистов	р.	–	–	–	107,063	115,175
фонд оплаты труда машинистов	р.	–	–	–	29,154	30,996
2. Материалы верхнего строения пути:						
рельсошпальная решетка со скреплением ЖБР	км	1	–	5324,151	5324,151	–
рельсовые плети Р-65	т	–	129,76	19,358	–	2511,901
щебеночный балласт	км	760	760	0,389	296,050	296,050
металлокомпозитные накладки	комплект	1,2	1,2	12,697	15,236	15,236
покилометровый запас (рельсы)	шт.	1	1	34,552	34,552	34,552
железобетонные шпалы со скреплением КБ	шт.	–	36	2,075	–	74,700
подкладки типа КБ	т	–	1,05	23,083	–	24,237

Окончание табл. 6

Вид затрат	Ед. изм.	Количество		Цена, тыс. р.	Сумма, тыс. р./км	
		1-й вариант	2-й вариант		1-й вариант	2-й вариант
болты клеммные с гайками	т	—	0,294	34,291	—	10,081
болты закладные с гайками	т	—	0,195	36,239	—	7,066
подрельсовые прокладки	шт.	—	3756	0,014	—	51,532
прокладки наспальные	шт.	—	1500	0,081	—	120,870
втулки изолирующие	шт.	—	200	0,006	—	1,102
<i>Итого материалов верхнего строения пути</i>	—	—	—	—	5669,990	3147,330
3. Транспортно-заготовительские расходы	—	—	—	—	764,882	424,575
<i>Итого прямых затрат</i>	—	—	—	—	6 837,979	3 935,897
4. Накладные расходы	—	—	—	—	449,987	378,001
5. Единый социальный налог	—	—	—	—	101,247	85,095
6. Прочие работы и затраты	—	—	—	—	343,411	288,627
<i>Итого по калькуляции</i>	—	—	—	—	7 732,624	4 687,620

Таблица 7

Потребное количество тепловозов

Наименование хозяйственного поезда	Тип тепловоза	Количество тепловозов, шт.	
		1-й вариант	2-й вариант
Срезка обочины машиной СЗП-600	ТМ-18	2	2
Машина ВПО-3000	ТМ-18	1	1
Щебнеочистительная машина РМ-2002	ТМ-18	2	2
Кран УК-25/9-18	ТМ-18	—	1
Плетьевоз	ЧМЭ-3	2	2
Хоппер-дозатор	2ТЭ-10М	2	2
ЭЛБ-3МК	ТМ-18	1	1
Хоппер-дозатор	ТМ-18	1	1
Путеукладочный поезд УК-25/9-18	ТМ-18	2	—
Путеразборочный поезд УК-25/9-18	ТМ-18	2	—
<i>Итого</i>		15	12

- время ожидания отправления – 4 ч;
- время прохода от станции до места работ и обратно – 2,8 ч;
- время маневровой работы на производственной базе – 2 ч.

Определение стоимости эксплуатации машин, механизмов и заработной платы машинистов ведется в табличной форме.

Расчет стоимости ремонта одного километра пути также ведется в табличной форме (табл. 6).

Потребное количество тепловозов для работы на перегоне приведено в табл. 7.

Количество выездов хозяйственных поездов, необходимое для выполнения всего объема работ на перегоне, приведено в табл. 8.

Суммарное время выездов хозяйственных поездов (табл. 9)

$$T_n = (t_1 + t_2 + t_3)n, \quad (8)$$

где t_1 – время выезда из локомотивного депо, ч; t_2 – время проезда от станции, примыкающей к депо, до станции, примыкающей к базе, ч; t_3 – время проезда от станции, примыкающей к базе, до места производства работ и обратно с учетом времени работы, ч; n – количество выездов.

$$t_2 = \frac{S}{50} \cdot 2 + 2, \quad (9)$$

где S – расстояние от станции, примыкающей к депо, до станции, примыкающей к базе, км.

Стоимость аренды локомотива с хозяйственными поездами, приходящейся на 1 км пути,

$$A = \frac{\sum T}{L_{\text{уч}}} C_a, \quad (10)$$

Таблица 8

Количество выездов хозяйственных поездов

Наименование хозяйственного поезда	Количество выездов, шт.	
	1-й вариант	2-й вариант
Срезка обочины машиной СЗП-600	4	3
Машина ВПО-3000	1	1
Щебнеочистительная машина RM-2002	3	3
Кран УК-25/9-18	–	6
Плетьевоз	8	4
Хоппер-дозатор	5	5
ЭЛБ-ЗМК	5	5
Хоппер-дозатор	4	3
Путеукладочный поезд УК-25/9-18	6	–
Путеразборочный поезд УК-25/9-18	6	–
Итого выездов тепловоза ТМ-18	29	21
Итого выездов 2ТЭ-10М	5	5
Итого выездов ЧМЭ-3	8	4
<i>Итого</i>	84	60

Таблица 9

Расчетное время выездов хозяйственных поездов

Наименование хозяйственного поезда	Суммарное время, ч	
	1-й вариант	2-й вариант
Срезка обочины машиной СЗП-600	31,25	31,35
Машина ВПО-3000	27,26	27,6
Щебнеочистительная машина RM-2002	53,6	52,6
Кран УК-25/9-18	–	14,74
Плетьевоз	58,33	14,04
Хоппер-дозатор	12,67	12,56
Электробалластер ЭЛБ-ЗМК	12,67	12,56
Хоппер-дозатор	15,64	8,45
Путеукладочный поезд УК-25/9-18	15,64	–
Путеразборочный поезд УК-25/9-18	15,64	–
Время ТМ-18	171,68	147,30
Время ЧМЭ-3	58,33	14,04
Время 2ТЭ-10М	12,67	12,56
<i>Итого</i>	485,38	347,80

где $\sum T$ – суммарное время выездов, ч; $L_{\text{уч}}$ – протяженность ремонтируемого участка, км; C_a – стоимость аренды локомотива за 1 ч, р.

При выполнении капитального ремонта пути на новых материалах трудоемкость разработанного производственного процесса, отнесенная к 1 км пути, составит 44,07 чел.-дн./км, при выполнении капитального ремонта пути с частичным повторным использованием элементов верхнего строения пути – 68,62 чел.-дн./км, а производительность труда по 1-му варианту – 22,09 м/чел.-дн., по 2-му – 14,57 м/чел.-дн. Суточная выработка

при выполнении ремонта на новых материалах 1,704 км/сут, при выполнении ремонта с частичным использованием старогодных материалов – 1,518 км. Общая стоимость капитального ремонта пути на новых материалах составляет 7 732,6 тыс. р./км, капитального ремонта пути с частичным повторным использованием материалов – 4 687,6 тыс. р./км.

Таким образом, проведенный технико-экономический расчет подтверждает эффективность организации капитального ремонта пути с частичным повторным использованием элементов ВСП – снижение затрат достигает 40 %.

Библиографический список

1. Николаенко А.А., Величко Д.В., Прудников А.В. Эксплуатация бесстыкового пути в условиях Сибири. Новосибирск: Сибпринт, 2010. 133 с.
2. Величко Д.В., Пикалов А.С. Эффективность организации ремонта пути в режиме длительного закрытия перегона // Транспорт Урала. 2011. № 4. С. 77–81.
3. Экономика путевого хозяйства / Под ред. В.Я. Шульги. М., 1988. 303 с.
4. Карпущенко Н.И., Гербер А.Р., Юдин О.Г. Проектирование технологии ремонтов пути. Новосибирск, 2009. 156 с.

Velichko D.V., Yudin O.G. The Calculation of Technical and Economic Efficiency of the Railway Track Overhaul with a Partial Reuse of the Components of the Upper Level of the Railway Track. The method of determination the technical and economic efficiency of the railway track overhaul, on the basis of the technological process, developed by the Repairs Department of the West Siberian Railway and the specialists of Siberian Transport University is concerned. The results of the empirical research, confirming the economic efficiency of this method are suggested.

Key words: *railway track; overhaul; organization and technology; technical and economic efficiency.*

Величко Дмитрий Валерьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Путь и путевое хозяйство» СГУПС. E-mail: vdv.nsk@mail.ru

Юдин Олег Геннадьевич – доцент кафедры «Путь и путевое хозяйство» СГУПС. E-mail: helge@stu.ru