

Оценка эффективности конструктивных решений крановых путей

В.В. Побединский^{1a}, М.В. Шавнина^{1b}, Г.А. Иовлев^{2c}

¹ Уральский государственный лесотехнический университет, ул. Сибирский Тракт, 37, Екатеринбург, Россия

² Уральский государственный аграрный университет, ул. Карла Либкнехта, 42, Екатеринбург, Россия

^a pobed@e1.ru, ^b shavnina444@mail.ru, ^c gri-iovlev@yandex.ru

^a <https://orcid.org/0000-0001-6318-3447>, ^b <https://orcid.org/0000-0002-7559-6449>,

^c <https://orcid.org/0000-0002-1837-3222>

Статья поступила 23.03.2020, принята 27.04.2020

В статье исследован вопрос оценки экономической эффективности крановых путей при их совершенствовании. Критериями целесообразности конструктивных решений крановых путей являются прочность, надежность и экономическая эффективность. В российской лесной промышленности используется практически одна традиционная конструкция — рельсы, уложенные на так называемую балластную щебеночную призму и деревянные шпалы, — которая не вполне обеспечивает необходимые требования. При создании новых конструктивных решений требуется их оценка с экономической точки зрения, но специальные подобные методики отсутствуют, что и определило актуальность работы. Целью настоящих исследований является разработка метода оценки экономической эффективности при совершенствовании крановых путей с учетом всех основных влияющих факторов. Для реализации цели решались следующие задачи: 1) оценка стоимости конструктивных решений кранового пути; 2) расчет затрат на строительство кранового пути; 3) расчет затрат на эксплуатацию кранового пути; 4) определение срока окупаемости затрат. Задачи решались с учетом технологии лесоскладских работ и затрат на всех этапах жизненного цикла крановых путей. В качестве примера оценки эффективности взяты два варианта конструктивных решений. Расчеты и сравнительный анализ показали достаточную адекватность предлагаемой методики, следовательно, она может быть рекомендована для использования в практике проектирования и совершенствования конструкций крановых путей подъемных сооружений в лесопромышленной отрасли.

Ключевые слова: крановые пути; лесная промышленность; конструктивное решение крановых путей; экономическая эффективность; снижение затрат на обслуживание крановых путей; срок окупаемости.

Assessment of the effectiveness of structural solutions of crane tracks

V.V. Pobedinsky^{1a}, M.V. Shavnina^{1b}, G.A. Iovlev^{2c}

¹ Ural State Forest Engineering University; 37, Sibirsky Tract St., Ekaterinburg, Russia

² Ural State Agrarian University; 42, Karl Liebknecht St., Ekaterinburg, Russia

^a pobed@e1.ru, ^b shavnina444@mail.ru, ^c gri-iovlev@yandex.ru

^a <https://orcid.org/0000-0001-6318-3447>, ^b <https://orcid.org/0000-0002-7559-6449>,

^c <https://orcid.org/0000-0002-1837-3222>

Received 23.03.2020, accepted 27.04.2020

The article deals with the issue of evaluating the economic efficiency of crane tracks when improving them. The criteria for the consistency of crane track design solutions are strength, reliability, and economic efficiency. In the Russian forest industry, almost one traditional design is used – rails laid on a so-called ballast crushed stone prism and wooden sleepers, which does not fully meet the necessary requirements. When creating new design solutions, it is necessary to evaluate them from an economic point of view. But, the lack of special methods determined the relevance of the work. The purpose of this research was to develop a method for evaluating economic efficiency when improving crane tracks, taking into account all the main influencing factors. To achieve the goal, the following tasks have been solved: 1) estimating the cost of design solutions for the crane track; 2) calculating the cost of construction of the crane track; 3) calculating the cost of operating the crane track; 4) determining the payback period. The tasks are solved taking into account the technology of logging operations and costs at all stages of the life cycle of crane tracks. As an example of efficiency assessment, two variants of design solutions are taken. Calculations and comparative analysis have shown sufficient adequacy of the proposed method, so it can be recommended for the use in the practice of designing and improving the structures of crane paths of lifting structures in the timber industry.

Keywords: crane tracks; forest industry; constructive solution of crane tracks; economic efficiency; cost reduction for crane tracks maintenance; payback period.

Введение. Лесная промышленность Российской Федерации представляет собой совокупность отраслей, связанных с заготовкой и переработкой древесины. Де-

ятельность лесозаготовителей должна быть направлена на оснащение предприятий высокопроизводительными машинами, в первую очередь — для лесозаготовок и

погрузочно-разгрузочных работ [1]. Следует отметить, что основным технологическим оборудованием лесопромышленного предприятия являются грузоподъемные краны, которые относятся к категории опасных производственных объектов.

Надежность конструкции грузоподъемных кранов, безопасность, эффективность их работы в значительной степени зависят от конструктивных решений и состояния крановых путей [2; 3]. Крановые пути рассчитаны на работу технологического оборудования с более низкими скоростными режимами, но значительно более высокими удельными нагрузками [4]. Критериями совершенства конструктивных решений крановых путей являются прочность, надежность и экономическая эффективность.

Целью настоящих исследований являлась разработка метода оценки экономической эффективности при совершенствовании крановых путей с учетом всех основных влияющих факторов [5].

Для реализации цели решались следующие задачи:

- оценка стоимости конструктивных решений кранового пути;
- расчет затрат на строительство кранового пути;
- расчет затрат на эксплуатацию кранового пути;
- определение срока окупаемости затрат.

В российской лесной промышленности самая распространенная и традиционная конструкция — это рельсы на деревянных шпалах, уложенные на так называемую балластную щебеночную призму (рис. 1). В этой связи как вариант совершенствования рассмотрено конструктивное решение (рис. 2) с более высокими техническими характеристиками [13]. На примере этих конструкций и рассмотрим применение предлагаемой методики оценки эффективности.

Отличительной особенностью предложенной конструкции является замена балластной призмы (рис. 1, поз. 3) и земляного полотна на фундамент (рис. 2, поз. 1) с применением металлических шпал (рис. 2, поз. 2) и винтовых свай (рис. 2, поз. 9).

Эффективность работы крановой системы обеспечивается прогрессивной технологией на всех этапах технологического процесса ее создания и эксплуатации.

Основным критерием оценки предлагаемой конструкции является влияние на повышение надежности и производительности труда, т. е. снижение затрат живого и овеществленного труда на выработку продукции [13]. Затраты труда на выработку определенных видов продукции с учетом качества труда практически можно определить лишь в денежной форме, т. е. в себестоимости. Поэтому экономия подсчитывается как результат снижения себестоимости продукции, рассчитываемой по результатам работы за год.

Годовая экономическая эффективность от внедрения новой конструкции определяется как разница между исходными показателями по себестоимости и капитальными вложениями, приведенными к эксплуатационным затратам, и теми же показателями, полученными в результате внедрения мероприятий, умно-

женная на годовой объем выпуска продукции. При расчете снижения себестоимости учитываются только те статьи затрат, которые изменяются с внедрением данного мероприятия.

При подсчете экономической эффективности исходные показатели выбираются с таким же годовым объемом выпуска продукции, который обеспечивается в результате внедрения новой конструкции.

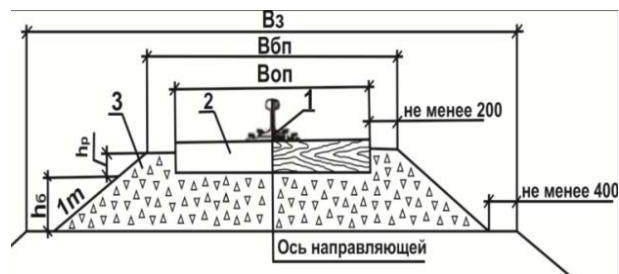


Рис. 1. Стандартная конструкция кранового пути на деревянных полушпалах: 1 — направляющая; 2 — элемент опорный; 3 — призма балластная; B_z — ширина земляного полотна; $B_{оп}$ — ширина балластной призмы; $B_{оп}$ — длина опорного элемента (полушпалы); h_b — высота балластной призмы; $1m$ — крутизна откоса; h_p — высота плеча балластной призмы

Показатель, или критерий, эффективности должен отражать целевую направленность и ожидаемую результативность. Критерием экономической эффективности капиталовложений на развитие производства лесхоза будет величина прибыли на рубль затраченных средств, т. е. их окупаемость [14; 15].

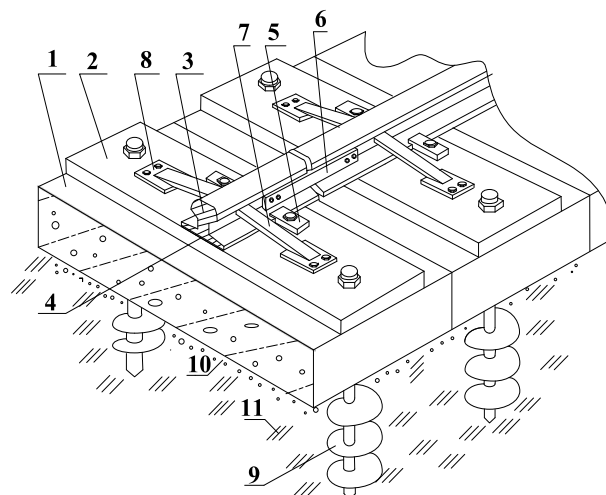


Рис. 2. Конструктивное решение наземного кранового пути: 1 — фундамент; 2 — шпала металлическая; 3 — рельс; 4 — подкладка; 5 — планка прижимная; 6 — крепление стыковое; 7 — ребро жесткости; 8 — пластина металлическая; 9 — свая винтовая; 10 — щебеночное основание; 11 — грунтовое основание

В общем виде экономическая эффективность определяется сопоставлением полученного результата и затрат, обуславливающих экономию. Под результатом понимается разность между суммой всей комплексной продукции лесозаготовительного предприятия (табл. 1, 2), явившейся прямым производственным эффектом мероприятия, и затратами [13].

Таблица 1. Переработка лесных грузов

Лесные грузы
Круглые лесоматериалы длиной 3 м и более
Круглые и колотые лесоматериалы длиной до 3 м
Хлысты и деревья длиной от 8 до 24 м
Мелкопиленая и колотая продукция (тарная дощечка, клепка, паркет, дрань и др.)
Пиломатериалы (доски, брусья, шпалы, шпальная вырезка и др.)
Измельченная древесина (технологическая щепка, опилки, стружка, древесная мука)
Древесные плиты и фанера (древесно-стружечные, древесно-волокнистые, цементно-фибrolитовые плиты, шпон, фанера и др.)
Прочие лесные грузы (дома, детали домов, древесный уголь и т. п.)

Таблица 2. Структура технологии лесоскладских работ

Технологический процесс	
Верхний склад	Нижний склад
Устраивают на лесосеке, к нему примыкает первичный лесовозный путь. Служит площадкой для погрузки деревьев или хлыстов на лесовозный транспорт	Технологические операции по переработке древесины. Организуются в конечном пункте лесовозных дорог
Назначение	
Промежуточное межсезонное хранение лесоматериалов (хлыстов или бревен) с дорогами круглогодичного пользования	Межсезонные запасы хлыста с отгрузкой на железнодорожные платформы-хлыстовозы (прирельсовые склады)
Получение хлыстов, разделка на сортименты с последующей отгрузкой железнодорожным или иным транспортом (производственно-технологические склады)	Распилка с последующей отгрузкой пиломатериала
Основной цех лесозаготовительного предприятия	
Временное хранение и первичная обработка круглого леса (очистка деревьев от сучьев, раскряжевка хлыстов на сортименты)	Частичная переработка круглого леса и отгрузка продукции потребителям (лесо- и шпалопиление, разделка низкокачественной древесины на балансы, тару, черновые заготовки, щепу и другую продукцию)

Расчет стоимости стандартного и нового конструктивных решений кранового пути. При расчете стоимости стандартной (табл. 3) и новой (табл. 4) конструкций кранового пути принимается усредненный вариант цен на 2019 г.

Для сравнительных расчетов стоимость рельсов определена для действующей системы крановых путей. Удельный вес стали — 7 800 кг/м³. Сравнительные значения стоимости стандартного и внедряемого варианта конструктивного решения кранового пути сведены в табл. 5 [19]. Общее удорожание новой конструкции кранового пути — 1 550 730,5 р.

Таблица 3. Стоимость стандартной конструкции кранового пути на деревянных полушпалах

Количество изделий, шт.	Единица измерения		Стоимость за единицу	Общая стоимость, р.
	1 шт.	Общ.		
Рельс типа Р50 длиной L = 12,5 м [8]				
20	811 кг	16 220 кг	33 000 р./т	535 260
Стыковое скрепление: накладки двухголовые [8]				
40	29,5 кг	1 180 кг	49 000 р./т	57 820
Подкладка [8]				
410	7,66 кг	3 141 кг	36 000 р./т	113 076
Прокладка нащпальная [8]				
410	–	–	–	13 120
Прокладка подрельсовая [8]				
410	–	–	–	6 970
Костыли 1,165 [8]				
2 050	0,383 кг	785 кг	36 850 р./т	28 927,25
Болт путевой М24*145 в сборе (болт, гайка, шайба)				
240	1,044 кг	251 кг	74 500 р./т	18 699,5
Деревянные полушпалы 180*250 [8]				
410	–	–	900 р./шт.	36 900
Щебень карьерный, размер фракций 30–70 мм [8]				
–	–	386,44 м ³	600 р./м ³	231 864
Упор тупиковый ударного типа [8]				
4	–	–	18 750 р.	75 000

Расчет затрат на строительство кранового пути. Строительство кранового пути консольно-козлового крана производится по разработанным технологическим картам, которые включают следующие разделы: организация и технология строительного процесса; организация и методы труда рабочих; материально-технические ресурсы [18].

Таблица 4. Стоимость новой конструкции кранового пути на монолитном основании

Количество изделий, шт.	Единица измерения		Стоимость за единицу	Общая стоимость, р.
	1 шт.	Общ.		
Рельс КР100-А-ГОСТ 4121-96 [8]. Длина, м — 12,0				
20	997,08 кг	19 941,6 кг	33 000 р./т	535 260
Опорный элемент: шпала металлическая [8]. V, м ³ : 1,4×0,35×0,05				
480	40 кг	19 200 кг	24 000 р./т	460 800
Фундамент железобетонный [8]. V, м ³ : 1,4×0,5×0,02				
480	0,014 м ³	6,72 м ³	19 718 р.	132 505
Винтовой фундамент серии G3 66×650 [8]				
960	–	–	1 500 р.	1 440 000
Ребро жесткости [8]. V, м ³ : 0,3×0,1×0,05				

960	11,7 кг	11 232 кг	24 000 р./т	269 568
Металлическая плита [8]. $V, м^3: 0,26 \times 0,15 \times 0,02$				
960	15,21 кг	14 601,6 кг	24 000 р./т	350 400
Прижимы [99]				
1 920	–	–	10 р.	19 200
Подкладка под рельс [12]				
480	–	–	–	7 500
Стыковое скрепление: накладка с четырьмя отверстиями [8]				
38	29,5 кг	1 121 кг	49 000 р./т	549 290
Щебень [8]: размер фракций частиц 60–70 мм. $V, м^3: 120 \times 2,4 \times 0,15$ (одна рельсовая нить)				
–	–	86,4	600 р./м ³	51 840
Болты, гайки: для прижимов; для стыковых скреплений				
4 296	2,088 кг	4 485,024 кг	74 500 р./т	335 250
Упор тупиковый ударного типа [8]				
4	–	–	18 750 р.	75 000

Таблица 5. Итоговая таблица по затратам материалов покупных изделий

Элемент конструкции кранового пути	Стандартная конструкция на деревянных полушпалах (стоимость, р.)	Новая конструкция на монолитном основании (стоимость, р.)	Разница в стоимости, р.
Рельс	535 260	535 260	Без увеличения стоимости
Шпала	36 900	460 800	457 110
Фундамент железобетонный	–	132 505	–
Винтовой фундамент	–	1 440 000	–
Ребро жесткости	–	269 568	–
Металлическая плита	–	350 400	–
Крепежные элементы	18 699,5	335 250	316 550,5
Прижимы	–	19 200	–
Стыковые скрепления	57 820	549 290	491 470
Подкладка под рельс	113 076	7 500	105 576
Прокладка (нашпальная, подрельсовая)	20 090	–	–
Костыли	28 927,25	–	–
Щебень	231 864	51 840	180 024
Упор тупиковый	75 000	75 000	Без увеличения стоимости
Итого:	1117636,75 р.	4 226 613 р.	1550730,5 р.

При разработке технологических карт исходят из следующих условий:

- устройство и разборку конструктивных элементов кранового пути производят автомобильным и башенным кранами; путевые работы ведут с помощью машин, серийно выпускаемых промышленностью;
- калькуляции затрат труда и графики производства работ учитывают выполнение работ в летнее время, при устройстве крановых путей в зимних условиях к нормам времени и расценкам применяют коэффициент 1,4 [13].

Технологическими картами на устройство крановых путей предусматриваются следующие виды работ:

- 1) устройство раздельной балластной призмы из гравия;
- 2) укладка кранового пути;
- 3) транспортная работа по перевозке кранового пути, включая погрузку и выгрузку конструктивных элементов;
- 4) заземление кранового пути, установка и разборка тупиковых упоров и выключающих линеек.

Строительство раздельных балластных призм кранового пути из гравия. Устанавливаем требования к организации и технологии устройства раздельных балластных призм (искусственного покрытия) стандартной (см. рис. 1) и новой (см. рис. 2) конструкции кранового пути для консольно-козловых кранов согласно нормативным документам [9; 10]. До начала работ по устройству балластной призмы должны быть закончены все земляные работы, спланирована площадка земляного полотна и сделан водоотвод в соответствии с предусмотренным генпланом отводом сточных вод. На спланированной площадке разбивают земляное полотно и оси пути, отмечая их на местности колышками. Материал и высота балластного слоя, гранулометрический состав предусматриваются проектом согласно требованиям стандартов (табл. 6) [9; 10]. Балласт отсыпают автомобилями-самосвалами. Отсыпанный балласт разравнивают и уплотняют бульдозером.

Таблица 6. Параметры раздельной балластной призмы из гравия

Параметры	Значение
Ширина B земляного полотна, мм	35 500
Объем отсыпаемой призмы, м ³	386,44
Расстояние между отвалами, мм	6 000
Высота слоя h_6 , мм	150
Ширина призмы D по верху, мм	1 750
Уклон боковых сторон призмы из гравия	1:1,5

Устройство балластной призмы производит звено, состоящее из машиниста бульдозера 5-го разряда и двух монтеров пути 5-го разряда. Монтеры пути размечают земляное полотно и после планировки балластной призмы бульдозером зачищают поверхность призмы вручную. Основные материалы при устройстве раздельной балластной призмы длиной 120 м: щебень карьерный — 30...70 мм, количество материалов — 386,44 м³. Машины, оборудование, инструменты и приспособления приведены в табл. 7 [6].

В современных условиях каждое предприятие определяет оплату труда самостоятельно. Для дальнейших расчетов принимается: 1) односменная работа; 2) временно-премиальная оплата труда; 3) часовая ставка 700...800 р.

Трудоемкость определяется: а) по стандартному варианту (см. рис. 1) в фактически затрачиваемых чел.-ч; б) по сравниваемому варианту (см. рис. 2) в чел.-ч.

Таблица 7. Технические ресурсы для устройства балластной призмы

Машины, инструменты	Количество, шт.	Машины, инструменты	Количество, шт.
Автомобиль-самосвал	1	Лопата штыковая	2
Бульдозер*	1	Рулетка стальная	1
Лопата совковая	2	Метр стальной	1

* Бульдозер на базе трактора. Мощность 20 л. с.

Калькуляция затрат труда на устройство раздельной балластной призмы из гравия приведены в табл. 8.

Таблица 8. Калькуляция затрат на устройство балластной призмы

Показатель	Значение
Разравнивание и уплотнение балластного слоя бульдозером на базе трактора 20 л. с.	
Объем работ, м ³	386,44
Затраты труда на весь объем, чел.-ч	6,988
Расценка, р./ч	800
Заработная плата на весь объем работ, р.	5 590,4
Зачистка поверхности балластной призмы вручную после механизированной планировки	
Объем работ, м ²	288
Затраты труда на весь объем, чел.-ч	15,264
Расценка, р./ч	700
Заработная плата на весь объем работ, р.	10 684,8
Итого:	
Затраты труда на весь объем, чел.-ч	22,252
Заработная плата на весь объем работ, р.	16 275,2
Обслуживание бульдозера	
Затраты труда на весь объем, маш.-ч	2,568
Затраты, р.	5 802,79
Заработная плата на весь объем работ (включая обслуживание бульдозера)	22 077,99

Укладка кранового пути. Для стандартной конструкции кранового пути на деревянных полушпалах предусмотрена укладка и разборка звена кранового пути из инвентарных секций длиной 12,5 м автомобильным краном грузоподъемностью 2...6 т. Инвентарные секции кранового пути укладывают на раздельные балластные призмы из гравия. Укладка и разборка новой конструкции кранового пути носит более трудоемкий характер (укладка железобетонных плит и металлических шпал), затраты труда увеличиваются на 10 %. До начала укладки кранового пути должна быть уложена балластная

призма и доставлены в зону монтажа элементы конструкции, монтажные приспособления, инструменты.

Стандартная конструкция на деревянных полушпалах (табл. 9). Инвентарные секции кранового пути на деревянных полушпалах длиной 12,5 м доставляются на объект автомобилем-лесовозом с одноосным прицепом-ропуском и складываются в зоне действия крана автомобильным краном грузоподъемностью 2...6 т. Укладку пути начинают с корпусной секции звена, выверяя ее по уровню и шаблону. Строповку и подъем инвентарных секций пути производят при помощи двухветвевых стропов грузоподъемностью 2,5 т. После укладки звена кранового пути засыпают вручную площадку между шпалами и с торцов балластным материалом на высоту не менее 50 мм, а затем уплотняют балласт под шпалами деревянными подштопками. Далее производят проверку ширины колеи. После установки тупиковых упоров и выключающих линеек, устройства заземления и монтажа крана производят окончательную проверку пути. Горизонтальность кранового пути проверяют через каждые 5 м нивелировкой [11; 12].

Таблица 9. Калькуляция затрат труда на устройство стандартного кранового пути на деревянных полушпалах

Показатель	Значение
Укладка инвентарных секций	
Объем работ, м	67,584
Затраты труда на весь объем, чел.-ч	16,128
Расценка, р./ч	700
Заработная плата на весь объем работ, р.	11 290
Стыковка рельсов	
Объем работ, м пути	240
Затраты труда на весь объем, чел.-ч	9,6
Расценка, р./ч	700
Заработная плата на весь объем работ, р.	6 720
Засыпка гравием площади между шпалами и с торцов	
Объем работ, м ³	27,456
Затраты труда на весь объем, чел.-ч	20,928
Расценка, р./ч	700
Заработная плата на весь объем, р.	14 650
Подштопка шпал	
Затраты труда на весь объем, чел.-ч	88,704
Расценка, р./ч	700
Заработная плата на весь объем, р.	62 093
Рихтовка уложенного пути по уровню и шаблону	
Затраты труда на весь объем, чел.-ч	34,752
Расценка, р./ч	700
Заработная плата на весь объем, р.	24 326,4
Обслуживание крана, маш.-ч	
Затраты на обслуживание крана, чел.-ч	13 325
Затраты труда на весь объем, чел.-ч	170,112
Заработная плата на весь объем работ (включая обслуживание крана), р.	132 404,4

Предлагаемая конструкция кранового пути на монолитном основании (табл. 10). Укладка новой конструкции кранового пути отличается отсутствием ин-

вентарных звеньев. На подготовленную балластную призму с помощью автомобильного крана грузоподъемностью 2...6 т укладываются железобетонные плиты, которые закрепляются винтовыми сваями с использованием буровой установки Svaibur-S1 «ЧЗБО» (стоимость 130 тыс. р.) [16; 17].

После монтажа кранового пути (установки металлических шпал, рельс, стыковых и промежуточных скреплений, ребер жесткости (закрепления их с помощью сварки на металлических пластинах)) производятся проверка ширины колеи, нивелирование высотных отметок рельсовой нити в горизонтальной плоскости и регулировочные работы. Укладку кранового пути выполняет звено рабочих: машинист крана 5-го разряда; монтеры пути 5-го разряда (5 чел.). Принимается односменная работа.

Таблица 10. Калькуляция затрат труда на устройство новой конструкции кранового пути

Показатель	Значение
Укладка элементов кранового пути	
Затраты труда на весь объем, чел.-ч	17,741
Расценка, р./ч	700
Заработная плата на весь объем работ, р.	12 418,56
Стыковка рельсов	
Объем работ, м пути	240
Затраты труда на весь объем, чел.-ч	10,56
Расценка, р./ч	700
Заработная плата на весь объем работ, р.	7 392
Монтажные и регулировочные работы	
Затраты труда на весь объем, чел.-ч	109,632
Расценка, р./ч	700
Заработная плата на весь объем, р.	76 742,4
Обслуживание крана, маш.-ч	
Затраты на обслуживание крана, р.	13 325
Затраты труда на весь объем, чел.-ч	137,933
Заработная плата на весь объем работ (включая обслуживание крана), р.	109 878,1

Таблица 11. Машины, оборудование, инструменты и приспособления

Наименование	Количество
Автомобильный кран грузоподъемностью 1–3 т	1
Тягач	1
Одноосный прицеп-ропуск	1
Строп двухветвевой грузоподъемностью 2,5 т	1

Транспортные расходы. Транспортные расходы на стандартную (табл. 12) и новую конструкцию (табл. 13) кранового пути включают погрузку, перевозку и выгрузку конструктивных элементов. Погрузку и разгрузку производят автомобильным краном (табл. 11) при помощи двухветвевой стропа. Звено рабочих состоит из одного машиниста крана 5-го разряда и трех такелажников 5-го разряда [19].

Таблица 12. Калькуляция затрат труда на погрузку, перевозку и выгрузку стандартной конструкции кранового пути

Показатель	Значение
Погрузка элементов кранового пути на автотранспорт	
Объем работ, т	3,805
Норма времени на единицу измерения, ч	0,29
Затраты труда на весь объем, чел.-ч	21,12
Расценка на единицу измерения, р./ч	700
Заработная плата на весь объем работ, р.	14 784
Перевозка элементов кранового пути на расстояние 10 км	
Объем работ, т/км	38,05
Норма времени на единицу измерения, чел.-ч	0,012
Затраты труда на весь объем, чел.-ч	8,832
Расценка на единицу измерения, р./ч	700
Заработная плата на весь объем работ, р.	6 182,4
Перегон автомобильного крана	
Объем работ, км	10
Норма времени на единицу измерения, ч	0,05
Затраты труда на весь объем, чел.-ч	9,6
Расценка на единицу измерения, р./ч	700
Заработная плата на весь объем работ, р.	6 720
Выгрузка элементов кранового пути с автотранспорта	
Объем работ, т	3,805
Норма времени на единицу измерения, ч	0,24
Затраты труда на весь объем, чел.-ч	17,472
Расценка на единицу измерения, р./ч	700
Заработная плата на весь объем работ, р.	12 230,4
Обслуживание крана, маш.-ч	
Затраты на обслуживание крана, р.	47 589,3
Обслуживание автомобиля, маш.-ч	
Затраты на обслуживания автомобиля, р.	46 320,24
Затраты труда на весь объем, чел.-ч	113,856
Заработная плата на весь объем работ (включая обслуживание крана), р.	133 826,34

Таблица 13. Калькуляция затрат труда на погрузку, перевозку и выгрузку новой конструкции кранового пути

Показатель	Значение
Погрузка элементов кранового пути на автотранспорт	
Объем работ, т	4,19
Норма времени на единицу измерения, ч	0,319
Затраты труда на весь объем, чел.-ч	23,23
Расценка на единицу измерения, р./ч	700
Заработная плата на весь объем работ, р.	16 262,4
Перевозка элементов кранового пути на расстояние 10 км	
Объем работ, т/км	38,05
Норма времени на единицу измерения, чел.-ч	0,012
Затраты труда на весь объем, чел.-ч	8,832
Расценка на единицу измерения, р./ч	700
Заработная плата на весь объем работ	6 182,4
Перегон автомобильного крана	
Объем работ, км	10

Норма времени на единицу измерения, ч	0,05
Затраты труда на весь объем, чел.-ч	9,6
Расценка на единицу измерения, р./ч	700
Заработная плата на весь объем работ, р.	6 720
Выгрузка элементов кранового пути с автотранспорта	
Объем работ, т	4,19
Норма времени на единицу измерения, ч	0,264
Затраты труда на весь объем, чел.-ч	19,22
Расценка на единицу измерения, р./ч	700
Заработная плата на весь объем работ, р.	13 453,44
Обслуживание крана, маш.-ч	
Затраты на обслуживание крана	47 589,3
Обслуживание автомобиля, маш.-ч	
Затраты на обслуживания автомобиля	46 320,24
Затраты труда на весь объем, чел.-ч	113,856
Заработная плата на весь объем работ (включая обслуживание крана), р.	136 527,78

Монтаж путевого оборудования кранового пути.

Стоимость работ по устройству заземления, установке тупиковых упоров и выключающих линеек приведена в табл. 14.

Таблица 14. Калькуляция затрат на устройство заземления, установки тупиковых упоров и выключающих линеек

Наименование работ	Затраты труда на весь объем работ, чел.-ч	Заработная плата на весь объем работ, р.
Устройство двух очагов заземления рельсового пути	109,248	76 474
Приварка перемычек	5,568	3 897,6
Подноска и установка тупиковых упоров	19,97	13 977,6
Разборка тупиковых упоров	8,832	6 182,4
Установка выключающих линеек	0,384	2 688
Итого (исключая разборку тупиковых упоров):	135,17	97 037,2

Техническое обслуживание и ремонт кранового пути. Эксплуатация крановых путей осуществляется с учетом требований стандартов [6]. Техническое обслуживание и текущий ремонт крановых путей выполняются на основе диагностики. Работы производятся по эксплуатационной и ремонтной документации заводоизготовителей с учетом требований нормативных документов Ростехнадзора и других государственных инспекционных органов. Техническое обслуживание и текущий ремонт производятся через плановые периоды наработки с учетом типовых норм периодичности, трудоемкости и продолжительности технического обслуживания и ремонта (табл. 15).

Виды технического обслуживания включают [13]: ежесменное техническое обслуживание (ЕО), выполняемое перед началом или после смены; техническое об-

служивание (ТО), выполняемое через плановые периоды наработки; сезонное обслуживание (СО), выполняемое два раза в год при подготовке крана к использованию в летний или зимний периоды.

Техническое диагностирование входит в состав технического обслуживания и ремонта и обеспечивает их проведение в полном и необходимом объеме по фактическому состоянию крановых путей.

Таблица 15. Типовые нормы периодичности, трудоемкости и продолжительности технического обслуживания и ремонта крановых путей [7]

Вид технического обслуживания и ремонта крановых путей	ТО		
	Периодичность выполнения технического обслуживания и ремонта крановых путей	500 ч (стандартная конструкция); 1 000 ч (новая конструкция)	
Трудоемкость выполнения одного технического обслуживания и ремонта крановых путей	Диагностические	Слесарные	Прочие
	чел.-ч		
	0,5	0,5	1
Продолжительность выполнения	1 ч		

Эксплуатационные затраты на техническое обслуживание стандартной и новой конструкций крановых путей приведены в табл. 16 и 17.

Таблица 16. Затраты на техническое обслуживание стандартной конструкции крановых путей

Наименование работ	Затраты, р.
Техническое обследование кранового пути козлового крана	17 800
Определение физико-механических свойств грунтового основания кранового пути, один шурф	10 200
Диагностирование нивелиром кранового пути	55 200
Проверка рельсов (прочность креплений, замеры износа и т. д.)	8 640
Проверка (диагностирование) тупиковых упоров	9 800
Затраты на техническое обслуживание крановых путей в течение года	336 000
Затраты на текущий ремонт кранов и отдельные ремонтные работы кранового пути козлового крана	14 700
Итого:	452 340

Таблица 17. Затраты на техническое обслуживание новой конструкции крановых путей

Наименование работ	Затраты, р.
Техническое обследование кранового пути козлового крана	17 800
Определение технического состояния фундаментов	10 400
Диагностирование нивелиром кранового пути	55 200

Проверка рельсов (прочность креплений, замеры износа и т. д.)	8 640
Проверка (диагностирование) тупиковых упоров	9 800
Затраты на техническое обслуживание крановых путей в течение года	336 000
Затраты на текущий ремонт кранов и отдельные ремонтные работы кранового пути козлового крана	14 700
Итого:	452 540

Результаты расчетов затрат на устройство стандартной и предлагаемой конструкций кранового пути приведены в табл. 18.

Таблица 18. Сводная сравнительная таблица результатов расчета затрат на устройство кранового пути

Виды затрат	Затраты на устройство кранового пути, р.	
	Стандартная конструкция кранового пути на деревянных полушпалах	Новая конструкция кранового пути
Стоимость конструкции	1 117 636,75	4 226 613
Устройство балластной призмы	22 077,99	22 077,99
Укладка кранового пути	132 404,4	109 878,1
Транспортные услуги	133 826,34	136 527,78
Устройство путевого оборудования	97 037,2	97 037,2
Итого:	1 502 982,68	4 592 134,07

Определение срока окупаемости затрат. По техническим проектам верхние склады рассчитываются на переработку древесины в объеме 300...600 тыс. м³ [20]. В технологическом процессе действие крана предусматривает только погрузочно-разгрузочные работы. Согласно нормативам стоимость 1 м³ на складе оценивается в 1 400 р. При этом доля работы крана в переработке древесины по затратам составляет порядка 10 %. Следовательно, затраты на переработку 1 м³ древесины краном составляют: 1 400×0,1 = 140 р.

С учетом годовой переработки 300 тыс. м³ действия крана приносят доход: 300 000×140 = 42 млн р.

Предлагаемая новая конструкция кранового пути за счет надежности, сокращения сроков обслуживания

и ремонта позволит повысить производительность труда на складе в пределах 10 %. Для расчета принимаем 8 %. Тогда переработка древесины увеличится: 300×1,08 = 324 тыс. м³. Следовательно, доходы будут увеличены:

$$324 \times 140 = 45\,360 \text{ тыс. р.}$$

То есть увеличение дохода с внедрением новых крановых путей составит: 45 360 – 42 000 = 3 360 тыс. р.

Капитальные вложения в строительство новых крановых путей по расчетам определяются в пределах 3 089 151,36 р. Следовательно, срок окупаемости затрат составит:

$$T = \frac{K}{H} = \frac{3\,089\,151,36}{3\,360\,000} = 1,2 \text{ года,}$$

где К — капитальные вложения; Н — доход.

Упругий прогиб кранового пути — это один из основных показателей, влияющих на работоспособность козловых кранов, что и предусмотрено в конструкции за счет применения сборных железобетонных блоков и усиления крановых путей специальными металлическими пластинами. Увеличение затрат при этом несколько возрастает.

Однако обеспечение надежности всей системы кранового пути позволяет уменьшить затраты на обследование и ремонт, обеспечить безопасность труда на производстве. При этом срок окупаемости внедрения новой конструкции не превышает 1,2 года. В то же время, для лесопромышленного производства норматив окупаемости регламентирован пятью годами. Экономическая целесообразность новой конструкции очевидна.

Выводы. На основании исследований можно сделать следующие выводы:

– при оценке эффекта от внедрения усовершенствованных конструктивных решений крановых путей нужно учитывать специфические особенности ее эксплуатации, влияние на работу всего крана, а также процессов устройства;

– предлагаемая методика оценки экономической эффективности при совершенствовании крановых путей основана на комплексном подходе и учитывает основные параметры конструктивно-технологических решений;

– сравнительный анализ различных конструкций по предлагаемой методике показывает ее достаточную адекватность и позволяет рекомендовать методику для использования при проектировании новых конструктивных решений крановых путей.

Литература

1. Силаев, Г.В., Шапкин О.М., Золотаревский А.А. Механизация работ в комплексном лесном предприятии: производственно-практ. издание. М.: Изд-во Лесная пром-сть, 1989. 272 с.
2. СТО НОСТРОЙ 2.2.77-2012 Крановые пути. Требования к устройству, строительству и безопасной эксплуатации наземных крановых путей. Общие технические требования. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kodeks.ru>.
3. Биретт, Т. Расчет и конструирование подкрановых путей // Черные металлы. 1966. № 1.
4. СП 12-103-2002 Пути наземные рельсовые крановые. Проектирование, устройство и эксплуатация. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kodeks.ru>.
5. РД 50:48:0075.01.05 Рекомендации по устройству и безопасной эксплуатации наземных крановых путей. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kodeks.ru>.
6. ГОСТ Р 51248-99 Пути наземные рельсовые крановые. Общие технические требования. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kodeks.ru>.
7. МДС 12-42.2008 Нормирование затрат на техническое обследование, техническое обслуживание и ремонт грузоподъемных кранов, крановых путей, выполнение проектных и конструкторских работ. М.: 2008.

8. Шавнина М.В. Совершенствование конструкций и методов контроля параметра прогибов крановых путей подъемных сооружений лесопромышленного комплекса: дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01; Екатеринбург, 2015. 190 с.
9. Петров А.П., Морковина С.С. Рыночная организация лесного хозяйства: опыт зарубежных стран и российских регионов // Лесотехнический журнал. 2016. Т. 6. № 4 (24). С. 250–258.
10. Банных Г.М. Крановые пути. Проблемы и решения // Естественные и технические науки. 2015. № 10. С. 385–388.
11. Банных Г.М. Повышение надежности эксплуатации крановых путей // Естественные и технические науки. 2015. № 10. С. 389–393.
12. Иванов В.А., Голенищев А.В., Голенищев А.А. Горизонтальные нагрузки на краны от уклона крановых путей // Естественные и технические науки. 2015. № 7. С. 115–117.
13. Иванов В.А., Голенищев А.В., Голенищев А.А. Высотные отметки рельсов крановых путей как случайные функции // Естественные и технические науки. 2015. № 7. С. 118–120.
14. Мохирев А.П., Герасимова М.М., Красильников М.М. Совершенствование технологического процесса заготовки и вывозки древесины с использованием информационных технологий // Лесотехнический журнал. 2019. Т. 9. № 4 (36). С. 90–98.
15. Афоничев Д.Н., Морковин В.А., Гоптарев С.М. Оптимизация комплексного процесса вывозки лесоматериалов из лесосек // Лесотехнический журнал. 2018. Т. 8. № 2 (30). С. 132–141.
16. Мохирев А.П., Позднякова М.О., Гудень Т.С., Сухинин В.Д. Влияние природно-производственных факторов на транспортные затраты лесозаготовительного производства // Лесотехнический журнал. 2019. Т. 9. № 2 (34). С. 107–117.
17. Прядкин, В.И., Бартечев И.М. Эколого-экономическая оценка применения сортиментной технологии заготовки древесины на рубках // Лесотехнический журнал. 2018. Т. 8. № 4 (32). С. 250–259.
18. Зеликов В.А., Тихомиров П.В., Никитин В.В. Оценка природных условий и хозяйственной деятельности человека в районе предполагаемого строительства лесовозной автомобильной дороги // Лесотехнический журнал. 2020. Т. 10. № 1 (37). С. 193–202.
19. Морковина, С.С., Пянявина Е.А., Авдеева И.А. Исследование системы нормирования в лесном хозяйстве России // Лесотехнический журнал. 2019. Т. 9. № 1 (33). С. 176–187.
20. Побединский В.В. Роторные окорочные станки с автоматически управляемым пневмогидроприводом: дис. ... д-ра техн. наук: Екатеринбург, 2015. 386 с.
- tracks. General technical requirements. [Elektronnyj resurs]. URL: <http://www.kodeks.ru>.
3. Birett, T. Calculation and construction of crane tracks // *Cher-nye metally*. 1966. № 1.
4. SP 12-103-2002 Ways ground rail crane. Design, construction and operation. [Elektronnyj resurs]. URL: <http://www.kodeks.ru>.
5. RD 50:48:0075.01.05 Recommendations for the device and safe operation of land crane tracks. [Elektronnyj resurs]. URL: <http://www.kodeks.ru>.
6. GOST R 51248-99 Ways ground rail crane. General technical requirements. [Elektronnyj resurs]. URL: <http://www.kodeks.ru>.
7. MDS 12-42.2008 Rationing of costs for technical inspection, maintenance and repair of load-lifting cranes, crane ways, performance of design and design works. M.: 2008.
8. SHavnina M.V. Improvement of designs and methods of control of parameter of deflections of crane ways of lifting constructions of a timber industry complex: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.21.01; Ekaterinburg, 2015. 190 p.
9. Petrov A.P., Morkovina S.S. Market organization of forestry: experience of foreign countries and Russian regions // *Forestry Engineering Journal*. 2016. V. 6. № 4 (24). P. 250–258.
10. Bannyh G.M. Crane ways. Problems and solutions // *Natural sciences and engineering*. 2015. № 10. P. 385–388.
11. Bannyh G.M. Improving the reliability of operation of crane tracks // *Natural sciences and engineering*. 2015. № 10. P. 389–393.
12. Ivanov V.A., Golenishchev A.V., Golenishchev A.A. Horizontal loads on cranes from the crane tracks // *Natural sciences and engineering*. 2015. № 7. P. 115–117.
13. Ivanov V.A., Golenishchev A.V., Golenishchev A.A. high-Altitude marks of crane rails as random functions // *Natural sciences and engineering*. 2015. № 7. P. 118–120.
14. Mohirev A.P., Gerasimova M.M., Krasil'nikov M.M. Improvement of the technological process of harvesting and export of wood using information technologies // *Forestry Engineering Journal*. 2019. V. 9. № 4 (36). P. 90–98.
15. Afonichev D.N., Morkovin V.A., Goptarev S.M. Optimization of the complex process of timber removal from cutting areas // *Forestry Engineering Journal*. 2018. V. 8. № 2 (30). P. 132–141.
16. Mohirev A.P., Pozdnyakova M.O., Guden' T.S, Suhinin V.D. The Influence of natural production factors on transport costs of logging production // *Forestry Engineering Journal*. 2019. V. 9. № 2 (34). P. 107–117.
17. Pryadkin, V.I., Bartenev I.M. Ecologo-economic assessment of the use of sortiment technology of wood harvesting in logging operations // *Forestry Engineering Journal*. 2018. V. 8. № 4 (32). P. 250–259.
18. Zelikov V.A., Tihomirov P.V., Nikitin V.V. Assessment of natural conditions and economic activity of a person in the area of the proposed construction of a logging road // *Forestry Engineering Journal*. 2020. V. 10. № 1 (37). P. 193–202.
19. Morkovina, S.S., Pyanyavina E.A., Avdeeva I.A. Research of the rationing system in the Russian forestry // *Forestry Engineering Journal*. 2019. V. 9. № 1 (33). P. 176–187.
20. Pobedinskij V.V. Rotary debarking machines with automatically controlled pneumatic hydraulic drive: dis. ... d-ra tekhn. nauk: Ekaterinburg, 2015. 386 p.

References