

УДК 625.12

И.А. Котова, А.В. Чижов, О.Г. Юдин

Технико-экономическое сравнение технологических вариантов устройства подбалластных защитных слоев с использованием объемной георешетки

В статье приведены результаты технико-экономического сравнения технологических вариантов выполнения работ по устройству подбалластных защитных слоев с использованием объемной георешетки для усиления основной площадки земляного полотна в процессе проведения модернизации железнодорожного пути на закрытых перегонах. Рассматриваемый вопрос является весьма актуальным в современных условиях введения тяжеловесного движения на железных дорогах России, так как для обеспечения несущей способности рабочей зоны земляного полотна при повышении нагрузок создание защитных слоев потребуются на многих участках. При этом на настоящий момент нет универсальной технологии, позволяющей выполнять эти работы без снижения производительности работ на закрытых перегонах.

При проведении исследования сравнивались четыре используемых в настоящее время варианта технологии, отличающиеся друг от друга способом укладки георешетки (ручной, механизированный), применяемыми на выгрузке песчано-гравийной смеси машинами (думпкары, специализированный состав для засорителей, хоппер-дозаторы), машинами для уплотнения песчано-гравийной смеси (виброкатки, комплекс на базе электробалластера). Для достоверности полученных результатов варианты оценивались и сравнивались при прочих равных условиях на участке железнодорожного пути протяженностью 1 000 м по следующим показателям: технические – общая продолжительность работ, продолжительность «глухих окон», часовая выработка, трудоемкость и производительность работ; экономические – трудозатраты и заработная плата монтеров пути, участвующих в ремонте, стоимость эксплуатации путевых машин и локомотивов, а также стоимость простоя поездов в «глухих окнах».

Кроме того, в статье содержится детальный анализ полученных в результате исследования данных, выявлены особенности каждого технологического варианта, основные их преимущества и недостатки, даны рекомендации по выбору оптимального варианта в различных производственных условиях.

Ключевые слова: *железнодорожный путь, земляное полотно, защитный слой, объемная георешетка, модернизация железнодорожного пути.*

Надежная работа железнодорожного пути существенно зависит от состояния рабочей зоны земляного полотна. Низкая несущая способность грунтов основной площадки, их морозное пучение ведут к образованию и развитию дефектов и деформаций. При этом значительная часть земляного полотна, являющегося долговременным сооружением, построена более века назад по устаревшим нормативам и технологиям и зачастую не способна упруго воспринимать современные нагрузки. Особенно остро эта проблема встает на участках, где вводится скоростное пассажирское или тяжеловесное грузовое движение. В условиях повышения скоростей движения, нагрузок на оси, массы и составности поездов рабочая зона земляного полотна интенсивно деформируется с образованием балластных корыт, гнезд, мешков, что не только снижает надежность работы железнодорожного пути, но и влияет на безопасность движения поездов.

Наиболее эффективным на данный момент способом усиления рабочей зоны земляного полотна для обеспечения его стабильности является устройство подбалластных защитных слоев при модернизации железнодорожного пути [1, 2].

Начиная с 2009 г. на железных дорогах России при модернизации железнодорожного пути на участках, где подбалластная зона сложена слабыми грунтами, проводятся работы по формированию таких защитных слоев с применением объемной георешетки [3, 4].

Защитный слой формируется из объемной георешетки, засыпанной уплотненной песчано-гравийной смесью (ПГС) [5], и предназначен для выполнения разделительной, защитной, распределительной, виброзащитной функций.

За период с 2009 г. были разработаны и реализованы на практике несколько технологических вариантов формирования защитных подбалластных слоев, отличающихся друг от друга способом укладки георешетки (ручной,

механизированный), применяемыми на выгрузке ПГС машинами (думпкары, специализированный состав для засорителей, хоппер-дозаторы), машинами для уплотнения ПГС (виброкатки, уплотнительный модуль, разработанный для электробалластера ЭЛБ-4С). Состав основных работ по устройству защитного слоя для каждого из этих вариантов описан ниже.

Вариант 1: вырезка загрязненного балласта щебнеочистительной машиной, выгрузка ПГС из хоппер-дозаторной вертушки с подъемкой пути электробалластером, снятие старой рельсошпальной решетки путеукладоч-

ным краном, сдвигка ПГС в сторону с помощью бульдозера, ручная укладка объемной георешетки, надвигка ПГС на уложенную объемную георешетку с помощью бульдозера, планировка ПГС автогрейдером, уплотнение ПГС виброкатком, укладка новой рельсошпальной решетки путеукладочным краном [6].

Вариант 2: вырезка загрязненного балласта щебнеочистительной машиной, выгрузка ПГС из хоппер-дозаторной вертушки с подъемкой пути электробалластером, создание армированного георешеткой подбалластного слоя укладочным комплексом на базе машины СЧ-601 (рис. 1–3), уплотнение ПГС с одновре-

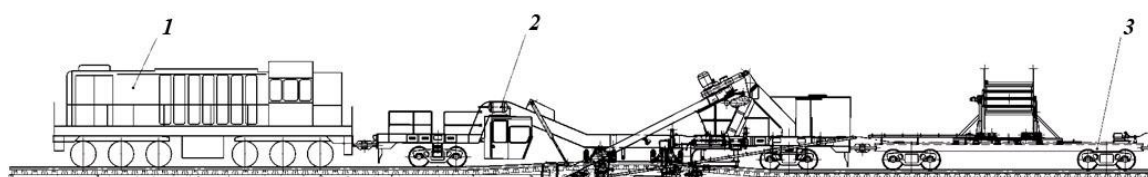


Рис. 1. Состав укладочного комплекса на базе машины СЧ-601:

1 – тяговый модуль; 2 – машина СЧ-601; 3 – платформа для перевозки георешетки (рассчитана на 600 погонных метров укладки георешетки)



Рис. 2. Укладочный комплекс на базе машины СЧ-601



Рис. 3. Укладка геоматериалов комплексом на базе машины СЧ-601

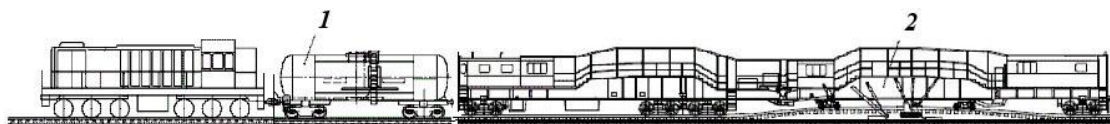


Рис. 4. Состав уплотнительного комплекса на базе электробалластера ЭЛБ-4С:

1 – модуль для доставки воды; 2 – уплотнительная машина

менным ее увлажнением комплексом на базе машины ЭЛБ-4С (рис. 4), смена рельсошпальной решетки путеукладочным краном [7].

Вариант 3: вырезка загрязненного балласта щебнеочистительной машиной, снятие старой рельсошпальной решетки путеукладочным краном, ручная укладка объемной георешетки, выгрузка ПГС во время «глухого окна» из думпкаров с соседнего пути с надвижкой ПГС путевым стругом, планировка ПГС автогрейдером, уплотнение ПГС виброкатками, укладка новой рельсошпальной решетки путеукладочным краном [8].

Вариант 4: вырезка загрязненного балласта щебнеочистительной машиной, снятие старой рельсошпальной решетки путеукладочным краном, ручная укладка объемной георешетки, выгрузка ПГС на объемную георешетку во время «глухого окна» из специализированного состава для засорителей с соседнего пути, планировка ПГС автогрейдером, уплотнение ПГС виброкатками, укладка новой рельсошпальной решетки путеукладочным краном [9].

На Западно-Сибирской дороге реализуются в настоящий момент третий и четвертый технологические варианты.

Основные недостатки этих вариантов технологии заключаются в следующем: необходимость в «глухих окнах» для выгрузки ПГС с соседнего пути и снижение производительности работ из-за укладки объемной георешетки вручную.

Средняя выработка на закрытых перегонах при проведении модернизации железнодорожного пути на Западно-Сибирской железной дороге составляет:

- 1 520 м/сут – без учета перегонов, с укладкой объемной георешетки;
- 984 м/сут – с учетом перегонов, с укладкой объемной георешетки;
- 384 м/сут – только для перегонов, с укладкой объемной георешетки.

Из этого следует, что при использовании основных на настоящий момент технологических вариантов формирования защитных слоев средняя выработка на перегонах с устройством подбалластного слоя снижается в четыре раза по сравнению с перегонами без устройства защитного слоя.

Целью данного исследования является технико-экономическое сравнение всех вариантов технологии устройства защитных слоев, и на основании анализа полученных результатов оценка их преимуществ и недостатков с разработкой рекомендаций по их использованию в конкретных производственных условиях [8, 10].

Для достоверности полученных результатов варианты оценивались и сравнивались при прочих равных условиях на участке железнодорожного пути протяженностью 1 000 м. Графики производства работ по устройству защитного подбалластного слоя по первому, второму, третьему и четвертому вышеописанным вариантам представлены на рис. 5, 6, 7 и 8 соответственно.

При сравнении рассчитывались следующие показатели: технические – общая продолжительность работ, продолжительность «глухих окон», часовая выработка, трудоемкость и производительность работ; экономические – трудозатраты и заработная плата монтажников пути, участвующих в ремонте, стоимость эксплуатации путевых машин и локомотивов, а также стоимость простоя поездов в «глухих окнах». Результаты расчетов приведены в таблице.

Анализ результатов исследования позволил сделать следующие выводы по рассматриваемым вариантам технологии производства работ.

Первый вариант. При производстве работ по этому варианту нет необходимости выделения «глухих окон» в графике движения поездов, что позволяет не снижать пропускную способность участков, следовательно, отсутствуют затраты на простой поездов. По этой же причине данную технологию можно использовать

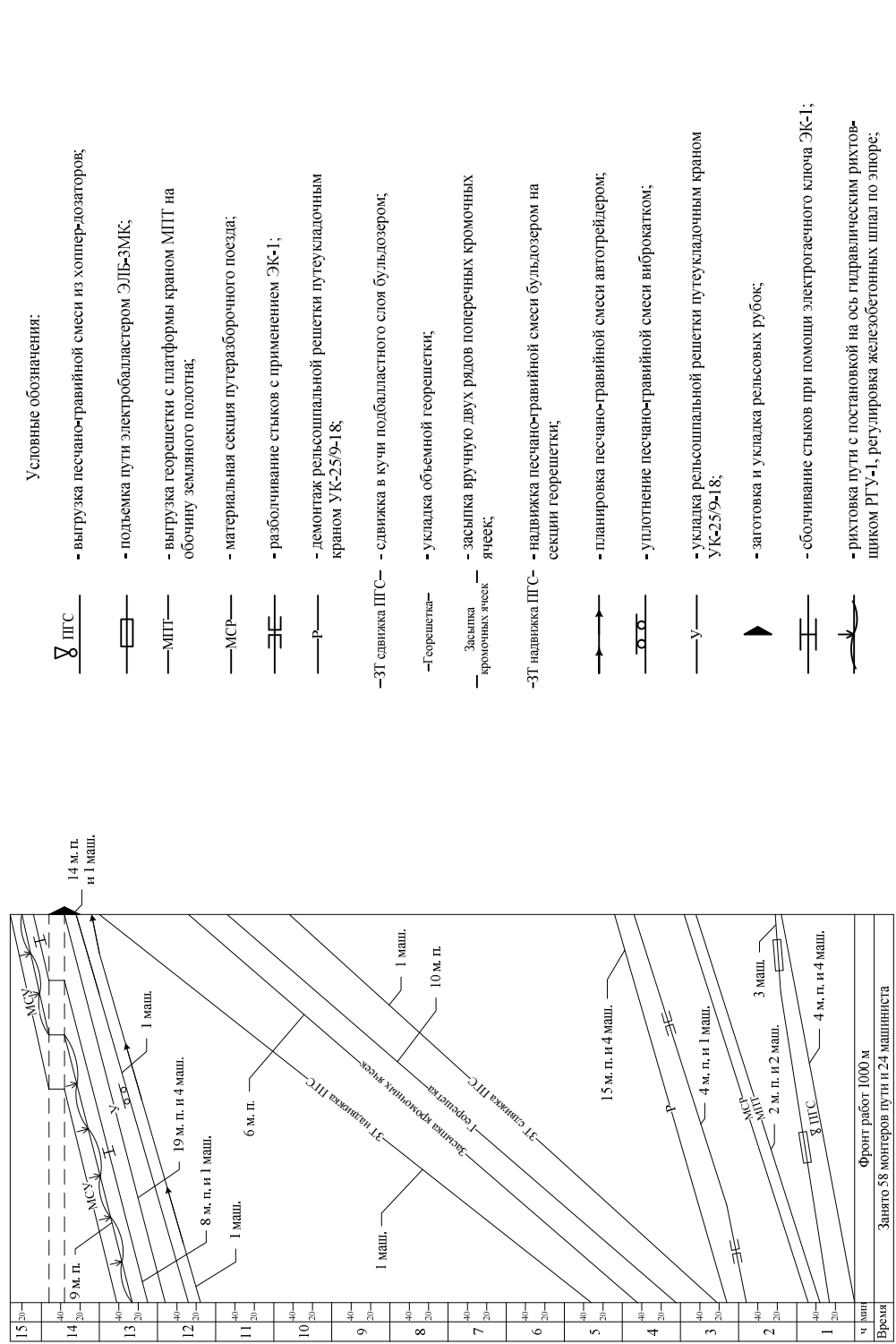


Рис. 5. График производства основных работ по смене рельсошпальной решетки и устройству защитного подбалластного слоя (первый вариант)

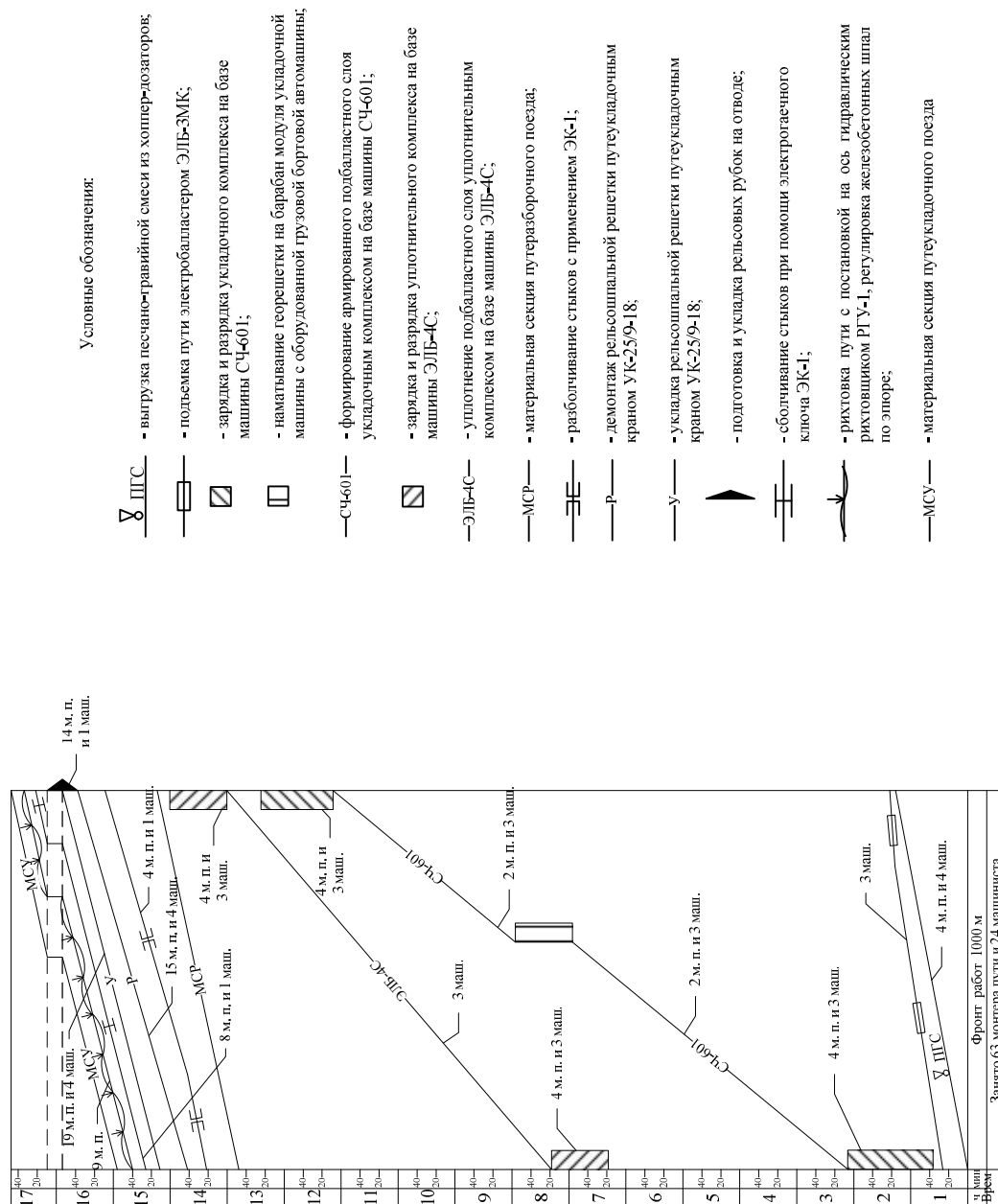


Рис. 6. График производства основных работ по смене рельсоопальной решетки и устройству защитного подбалластного слоя (второй вариант)

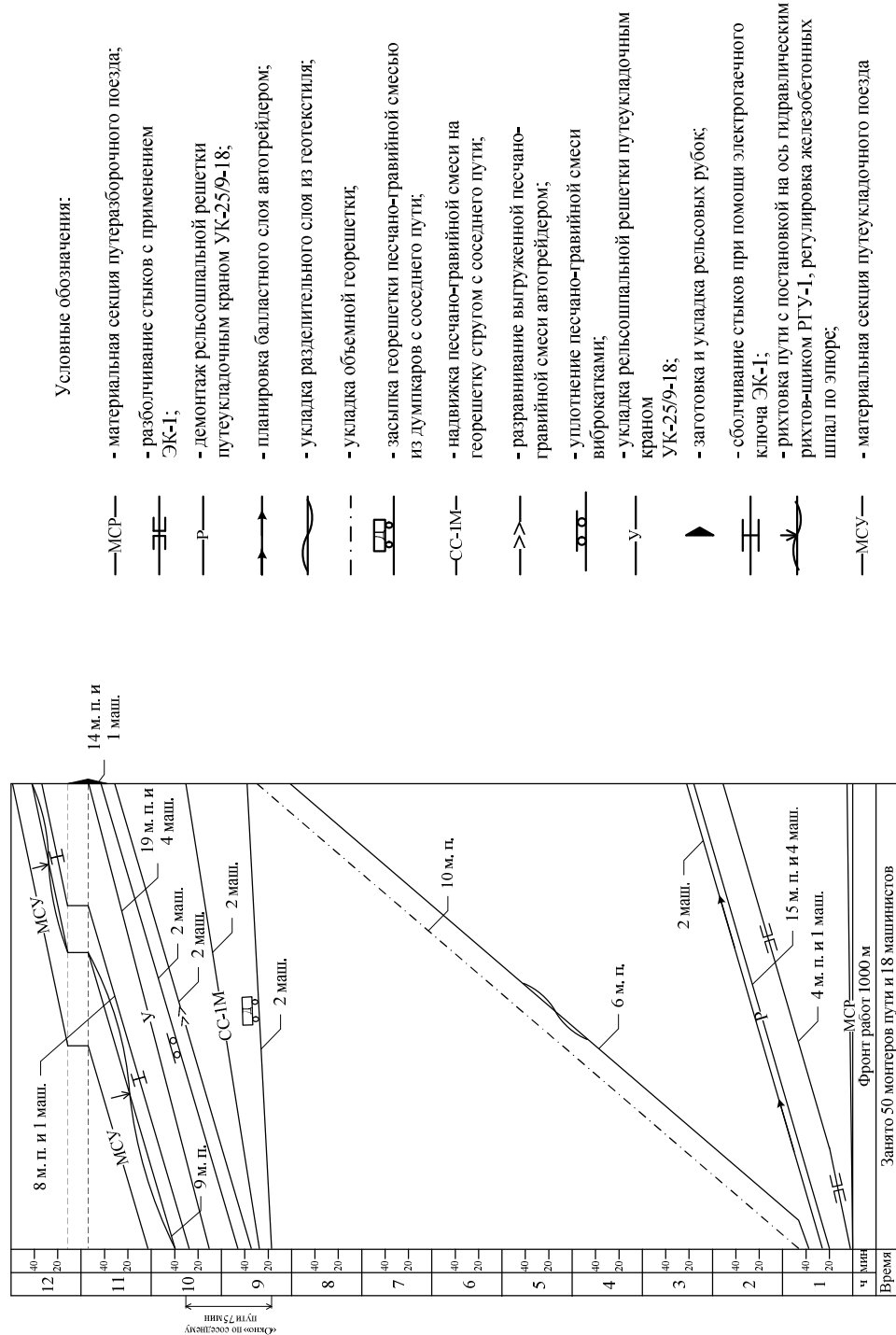


Рис. 7. График производства основных работ по смене рельсошпальной решетки и устройству защитного подбалластного слоя (третий вариант)

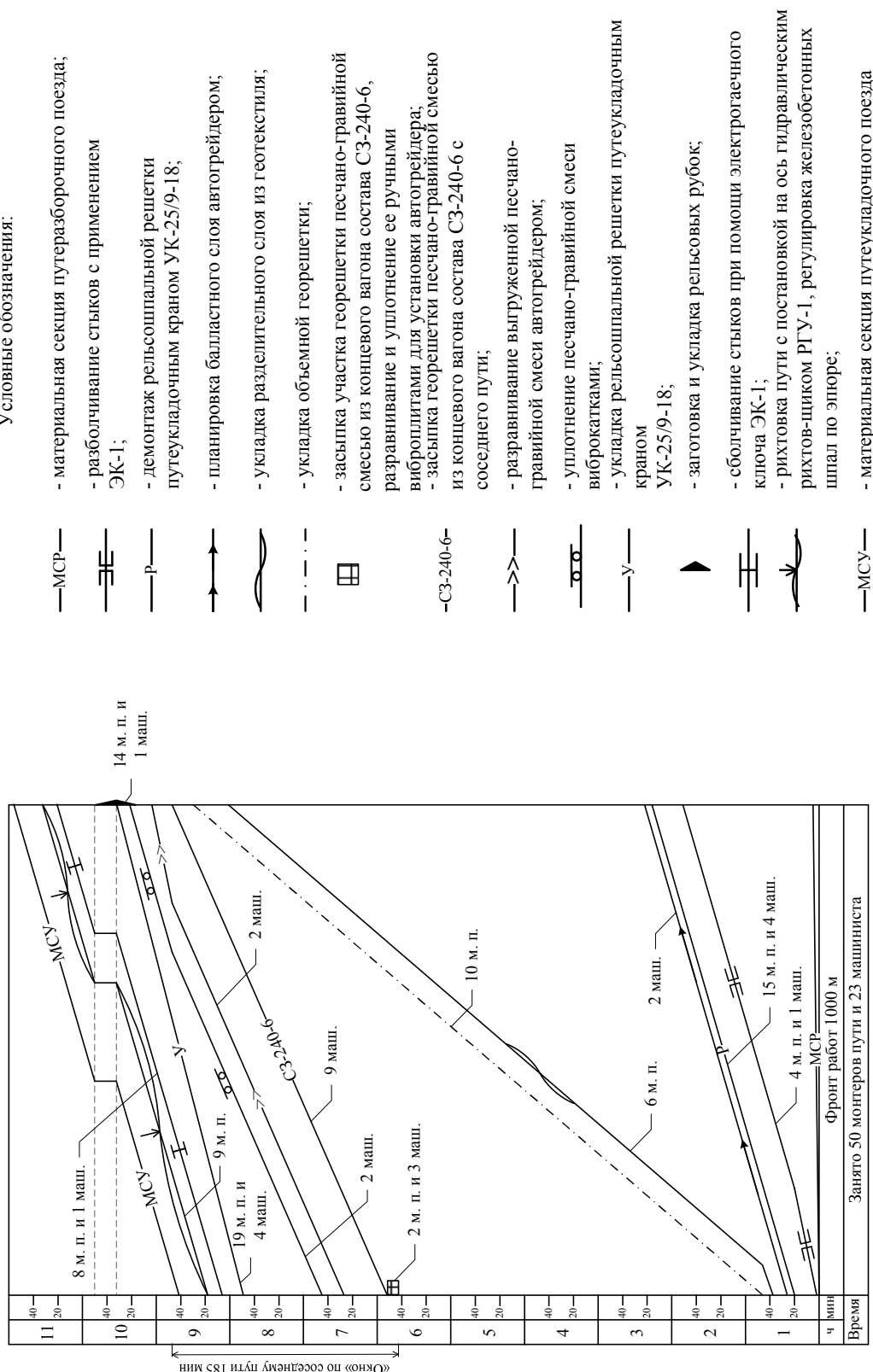


Рис. 8. График производства основных работ по смене рельсошпальной решетки и устройству защитного подбалластного слоя (четвертый вариант)

**Технико-экономические показатели технологических процессов выполнения работ
по устройству защитных подбалластных слоев**

Показатель	Вариант 1 (выгрузка ПГС хоп- пер-дозато- рами)	Вариант 2 (укладка геореш- етки СЧ-601)	Вариант 3 (выгрузка ПГС из думпка- ров)	Вариант 4 (выгрузка ПГС из спец- состава СЗ-240-6)
<i>Технические показатели</i>				
Продолжительность работ, ч	14,50	17,00	12,00	11,00
Продолжительность «глухого окна», ч	—	—	1,25	3,08
Выработка на 1 ч выполнения работ на закрытом перегоне, м/ч	68,97	58,82	83,33	90,91
Количество монтеров пути, участвующих в укладке объемной георешетки	16	2	10	10
Трудоемкость, чел.-дни/км	28,44	20,60	20,45	20,15
Производительность, м/чел.-день	35,16	48,54	48,89	49,62
<i>Экономические показатели</i>				
Трудозатраты монтеров пути, чел.-ч	341,34	247,21	245,44	241,82
Стоимость затрат труда монтеров пути, р.	50 157,84	36 325,86	36 066,25	35 534,22
Стоимость эксплуатации машин, р.	50 834,34	137 841,95	38 205,19	50 647,76
В том числе зарплата машинистов, р.	11 112,74	43 144,30	6 096,77	8 763,93
Стоимость эксплуатации локомотивов, р.	2 656,70	4 759,94	5 176,94	2 584,59
В том числе зарплата машинистов, р.	560,80	1 323,39	1 054,75	655,30
Итого стоимость эксплуатации машин и локомотивов, р.	53 491,04	142 601,89	43 382,13	53 232,35
В том числе зарплата машинистов, р.	11 673,54	44 467,69	7 151,52	9 419,23
Итого прямых затрат (без учета стоимости материалов верхнего строения пути), р.	103 648,88	178 927,75	79 448,38	88 766,56
Стоимость простоя поездов, р.	0,00	0,00	50 852,79	125 301,28
Итого (по сравниваемым показателям)	103 648,88	178 927,75	130 301,17	214 067,84

при выполнении работ «окнами» на однопутных участках. Кроме того, так как по этому варианту не используются дорогие в эксплуатации путевые комплексы, суммарные затраты оказались самыми низкими (103 648,88 р.), несмотря на то что по трудоемкости и производительности работ, а следовательно и по заработной плате монтеров пути это худший вариант. Также в работах по укладке георешетки участвует наибольшее количество монтеров пути и по продолжительности работ этот вариант – один из самых длительных (14,5 ч).

Данная технология имеет еще один минус: покрытие из геотекстиля можно уложить под георешетку только в том случае, если имеется широкая обочина, на которую можно сдвинуть ПГС.

Второй вариант. Необходимость выделения «глухих окон» по соседнему пути также отсутствует, но использование дорогих в эксплуатации путевых комплексов в итоге дало одни из самых больших по величине суммарные затраты (178 927,75 р.). По трудоемкости и

производительности работ этот вариант технологии практически совпадает с третьим и четвертым вариантами, хотя имеет самую низкую выработку на 1 ч работ из-за большой их продолжительности (17 ч). В качестве недостатка можно также выделить более низкое по сравнению с другими вариантами качество уплотнения ПГС.

Преимущества этой технологии:

- на укладке георешетки имеются минимальные затраты ручного труда, в процессе участвуют два монтера пути;
- данную технологию можно использовать при выполнении среднего ремонта пути без снятия рельсошпальной решетки;
- этот вариант можно использовать при выполнении работ «окнами» на однопутных участках;
- на участках протяженностью до 600 м продолжительность работ существенно снижается из-за отсутствия необходимости перезаряжать барабан укладочного модуля.

Третий вариант. «Глухое окно» по соседнему пути требуется, но его продолжительность всего 75 мин, что позволяет (при общей небольшой продолжительности работ – 12 ч) использовать этот вариант технологии при проведении основных работ «окнами». По трудоемкости, производительности работ и заработной плате монтеров пути данный вариант практически одинаков со вторым и четвертым вариантами, однако имеет одну из самых высоких выработок на 1 ч работ, самые низкие расходы на эксплуатацию путевых машин и прямые затраты.

По итоговой сумме затрат этот вариант находится на втором месте (130 301,17 р.).

Еще один минус этой технологии – перерасход геотекстиля на укрытие междупутья при выгрузке ПГС из думпкаров.

Четвертый вариант. Требуется минимум трехчасовое «глухое окно» по соседнему пути, что влечет за собой самые большие из всех четырех вариантов затраты на простой поездов (125 301,28 р.) и в итоге самые боль-

шие суммарные затраты (214 067,84 р.). Тем не менее из-за самой малой продолжительности работ (11 ч) эту технологию можно применять при проведении основных работ «окнами». Кроме того, данный вариант является лучшим по большинству технико-экономических показателей: трудоемкости и производительности работ, выработке на 1 ч работ, заработной плате монтеров пути, стоимости эксплуатации локомотивов.

Из вышеописанного следует, что по результатам проведенного исследования не выбрана одна наиболее технически и экономически выгодная универсальная технология для всех условий. Каждый из вариантов имеет свои преимущества и недостатки, но проведенный анализ и выводы, полученные на его основе, можно использовать при выборе оптимального технологического процесса по устройству защитного подбалластного слоя для каждого конкретного участка в существующих производственных условиях.

Библиографический список

1. Об усилении рабочей зоны земляного полотна / П.Г. Пешков, В.О. Певзнер, О.Ю. Белоцветова, В.В. Третьяков // Путь и путевое хозяйство. 2007. № 9. С. 13.
2. Усиление пути для пропуска тяжеловесных поездов / С.А. Кудрявцев, Ю.Б. Берестяный, Т.Ю. Вальцева, Р.Г. Михайлин // Путь и путевое хозяйство. 2008. № 1. С. 27–29.
3. Инструкция по устройству подбалластных защитных слоев при реконструкции (модернизации) железнодорожного пути. Утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 12.12.2012 № 2544р. М., 2013. 34 с.
4. Временные технические условия для опытного применения объемных георешеток Неовиб при устройстве защитного подбалластного слоя / ОАО «РЖД». М., 2009. 11 с.
5. ТУ 5711-284-01124323–2012. Щебеночно-гравийно-песчаная смесь. Утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 20.12.2012 № 2640р. М., 2013. 15 с.
6. Опытный технологический процесс укладки объемной георешетки Неовиб на локальных участках (с применением двух бульдозеров) № к242ц-09. Утв. 13.04.2009 / ПТКБ ЦП ОАО «РЖД». М., 2009. 34 с.
7. Технологический процесс усиленного среднего ремонта бесстыкового пути с созданием защитного подбалластного слоя, армированного объемной георешеткой, механизированным способом с применением модернизированной машины СЧ-601 на участке Ангелинская – Величковка Северо-Кавказской железной дороги № к379ц-10. Утв. 10.11.2010 / ПТКБ ЦП ОАО «РЖД». М., 2010. 37 с.
8. Оптимизация технологии устройства защитных слоев с применением объемной георешетки при модернизации железнодорожного пути / И.А. Котова, А.В. Чижов, О.Г. Юдин, А.А. Вобликов // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2015. № 2. С. 32–38.
9. Опытный технологический процесс укладки объемной георешетки Неовиб № к229ц-08. Утв. 10.10.2008 / ПТКБ ЦП ОАО «РЖД». М., 2008. 27 с.
10. Котова И.А. Нюансы и перспективы внедрения новых материалов в конструкциях железнодорожного пути. Обмен опытом в процессе корпоративного обучения работников путевого хозяйства // Дополнительное профессиональное образование в условиях реформирования: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2015. С. 86–91.

I.A. Kotova, A.V. Chizhov, O.G. Yudin

Technical and Economic comparison of Technological Options in Creating Subballast Protective Layers Using a Three-Dimensional Geogrid

Abstract. In the present article, we report on the results of a technical and economic comparison of various technological options in creating subballast protective layers using a three-dimensional geogrid for subgrade level reinforcement in the railway track modernization process on closed track sections. This matter is an urgent one under the present-day conditions of introduction of heavy train traffic on Russia's railroads as, for ensuring a required bearing capacity of subgrade working zone with increased loads, the creation of protective layers will be critically required on many track sections. Simultaneously, currently we have no universal technology that would make it possible to carry out such works without performance reduction on closed track sections.

In carrying out the present study, four currently used technological options differing from each other in terms of the way of laying the geogrid (manual or mechanized), the machines used to unload the sand-gravel mix (dump-cars, specialized mechanisms for transporting old ballast and other materials, or hopper wagons), the machines used to consolidate the sand-gravel mix (vibratory rollers or a complex developed around an electroballasting machine) were compared. To achieve a sufficient reliability of obtained data, the available technological options were estimated and compared with each other, at all other conditions being identical, on a railway-track section 1000 m long in terms of the following parameters: technical parameters – total time required for accomplishment of the works, duration of track closedowns, standard hourly output, and the labor intensity and productivity of the works; economic parameters – necessary labor inputs and the labor cost of roadmen participating in the repair, the cost of operation of rail-mounted track-laying machines and locomotives, and the cost of trains delay due to track closedowns.

Also, the paper gives a detailed analysis of gained data and reveals the characteristic features (including the main advantages and shortcomings) of each technological option. Recommendations concerning the choice of an optimal technology to be made under various production conditions are formulated.

Key words: *railway track; subgrade; protective layer; three-dimensional geogrid; railway-track modernization.*

Котова Ирина Александровна – канд. техн. наук, доцент кафедры «Путь и путевое хозяйство» СГУПС. E-mail: kotovaia@mail.ru

Чижов Андрей Викторович – канд. техн. наук, доцент кафедры «Путь и путевое хозяйство» СГУПС. E-mail: luger@yandex.ru

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