



УДК 69.003:65

А. В. Кабанов, Н. А. Жемчугова

ИССЛЕДОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПЕРЕУСТРОЙСТВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЙ

Дата поступления: 25.05.2016

Решение о публикации: 12.09.2016

Цель: Создать метод расчета фронта работ подрядной строительной организации и организационно-технологические схемы их выполнения с минимизацией ущерба перерабатывающей способности реконструируемой железнодорожной станции. Усовершенствовать организационно-технологическое проектирование строительных работ по реконструкции железнодорожных сортировочных станций. **Методы:** Применены теория поточного строительства, методы системного анализа, теория экономической эффективности капитальных вложений, теория расписаний. Использован программный комплекс Microsoft Project. Все исследования проведены в рамках совершенствования организационно-технологического проектирования работ по реконструкции железнодорожных станций. **Результаты:** Назначены формообразования комплексов работ – строительных потоков, этапов работ, циклов, узлов, имеющих самостоятельную эксплуатационную готовность. Разработаны варианты календарных графиков реконструкции сортировочных станций. Рассчитано рациональное распределение во времени капитальных вложений каждого этапа. Определены технико-экономические показатели вариантов реконструкции при разной перерабатывающей способности станций. Рассчитан эффективный вариант организации комплексного потока реконструкции по критерию максимально возможной перерабатывающей способности станции в период строительно-монтажных работ. Для совершенствования организационно-технологического проектирования разработана классификация строительных потоков реконструкции железнодорожных сортировочных станций. Для разработки календарных графиков и автоматизированной выборки необходимых показателей адаптирован прикладной программный комплекс Microsoft Project. **Практические результаты:** Промежуточный прием законченных объектов в проектах производства работ по реконструкции сортировочной станции снизит риск замораживания капитальных вложений.

Сортировочная станция, строительный поток, реконструкция, организационно-технологическая схема, капитальные вложения, снижение затрат, высокая перерабатывающая способность.

***Alexander V. Kabanov**, Cand. Sci. (Eng.), associate professor, avkabanov07@inbox.ru; **Nadezhda A. Zhemchugova**, postgraduate student, dguchila@rambler.ru (Petersburg State Transport University) A STUDY OF ORGANISATIONAL-ENGINEERING MODELS FOR RECONSTRUCTION OF RAILWAY MARSHALLING YARDS

Objective: To develop a method for calculating the scope of work of a building contractor, and the organisational-engineering schemes of its fulfilment which minimise the damage to processing capability of a railway station under reconstruction. To improve organisational and production engineering of building works in reconstruction of railway marshalling yards. **Methods:** Applied were sequenced-flow construction theory, systemic analysis methods, economical efficiency of capital investments theory, and scheduling theory. Microsoft Project software was used. All the studies were conducted as part of improving the organisational and production engineering of works in reconstruction of railway

stations. **Results:** Forming of sets of operations was set – spreads, operational stages, cycles, node points which possess independent operational capability. Graphic schedule options for reconstruction of railway marshalling yards were developed. Rational temporal distribution of capital investments into each stage was calculated. Technical and economic performance indices for reconstruction options were set for various station estimated capacities. An efficient option for organisation of integrated reconstruction flow is calculated by the criterion of maximum possible station capacity for the duration of building and assembly works. In order to improve the organisational and process engineering, a classification of spreads of reconstruction of railway marshalling yards was developed. For development of graphic schedules and automated sampling of required indices, applied software system Microsoft Project was adapted. **Practical importance:** Interim acceptance of completed objects in projects of performance of works in reconstruction of railway marshalling yards would reduce the risk of freezing capital investments.

Railway marshalling yard, spread, reconstruction, organisational and engineering scheme, capital investment, cost cutting, high capacity.

В современных условиях освоения интермодальных транспортных коридоров [1] к реконструкции и переустройству железнодорожных сортировочных станций предъявляются высокие требования, определяемые их технической оснащённостью. Завершено строительство важнейшей сортировочной станции Лужская-Сортировочная; проведена реконструкция станции Санкт-Петербург-Сортировочная.

В ближайшие годы объем переработки вагонов ($N_{\text{п}}$) на таких станциях составлял до 7–8 тыс. вагонов/сутки [2, 3, 7]. Переустройство сортировочных станций связано с нарушением их эксплуатационной деятельности, что ведет к дополнительным затратам, поэтому совершенствование методов организации строительных работ, сокращение эксплуатационных расходов в период реконструкции, а также сроков и стоимости строительства весьма актуальны.

В условиях большой сложности данного типа объектов, специфики возведения различных объектов инфраструктуры станции, организационно-технологической зависимости между исполнителями – специализированными подрядными строительными организациями – основным критерием оптимальности является максимальный ввод в действие производственных мощностей при минимальных издержках. Организационно-технологическое моделирование строитель-

ства в этом случае исходит из принципа гарантированного результата.

Для исследования авторы проработали материалы календарного планирования реконструкции железнодорожных станций в подрядных строительных организациях ОАО «РЖДстрой». Новый научный подход заключается в развитии положений поточного строительства и в разработке классификации строительных потоков применительно к организации работ по реконструкции сортировочных станций. Впервые исследована зависимость изменения эксплуатационных показателей реконструируемой станции в условиях ведения работ от максимально возможного фронта работ подрядчика.

Формирование системы комплексных строительных потоков реконструкции железнодорожной сортировочной станции

При росте размеров и интенсивности вагонопотоков возникает проблема наращивания технической оснащённости и развития станции в соответствии с увеличением объемов работ. В этих условиях разработка эффективных вариантов инвестиционных капиталовложений в техническую оснащённость станции требует новых научно-технических решений.

Сортировочные железнодорожные станции представляют собой транспортные перерабатывающие комплексы, регулирующие пропуск вагонопотока по направлениям. Основой таких комплексов является сортировочная система, состоящая из последовательного расположения парков приема (ПП); сортировочного и параллельного или последовательного расположения отправочных (ПО) или передаточных парков [5].

Реконструкция таких станций проектируется комплексными потоками (рис. 1). Объемы работ для комплексных потоков группируются по элементам сортировочной системы.

Анализ строительства, переустройства и реконструкции железнодорожных станций позволил выделить следующие основные свойства и признаки, которыми следует руководствоваться при формировании комплексных потоков (рис. 1):

- тип железнодорожной станции (участковая, промежуточная, узловая и т. д.);
- схема ввода в эксплуатацию:
 - полный ввод;
 - частичный;
 - эксплуатация в процессе дальнейшего строительства;
- степень технологической и организационной завершенности работ, например этап;
- подготовка или предоставление фронта работ для последующих объектов;
- доминирующие работы и объекты (сквозная синхронизация видов работ и объектов);
- тип структурно-конструктивной обособленности объектов, входящих в станцию;
- группировка работ и объектов по отраслям;
- виды инфраструктуры станции (пассажирское, грузовое, энергетическое хозяйство и пр.);
- принадлежность работ или объектов определенному (профильному) исполнителю (субподрядчику) работ;
- характер разрабатываемой организационно-технологической документации (технологическая карта, проект организации стро-

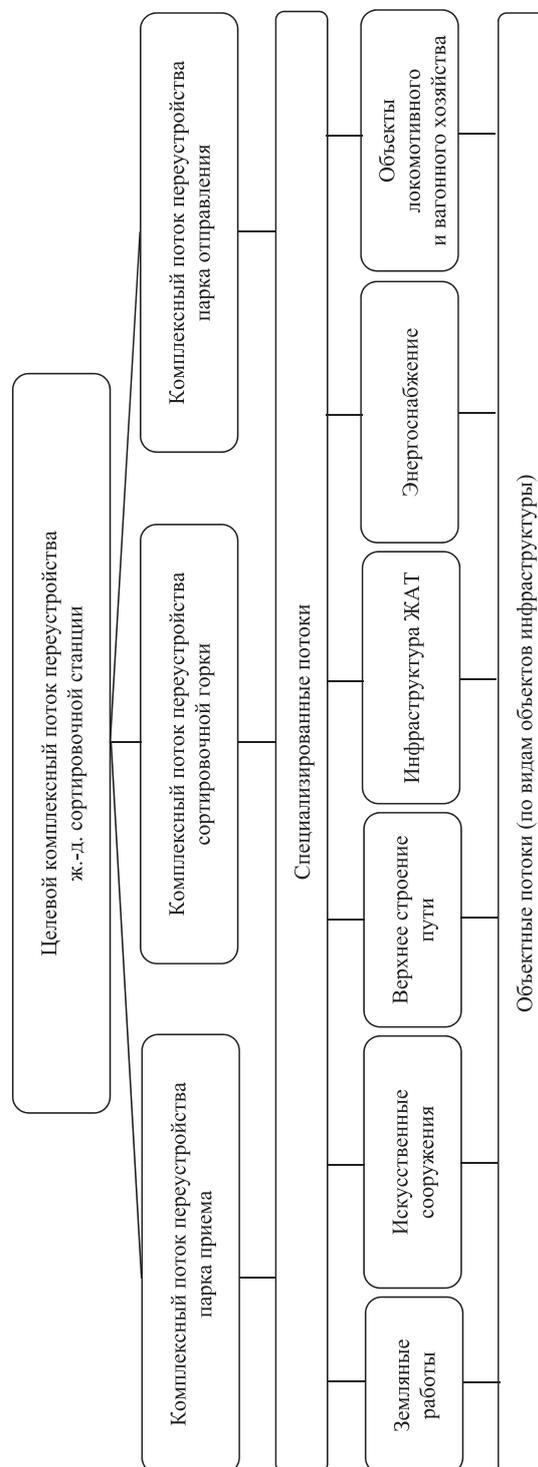


Рис. 1. Формирование комплексных потоков переустройства железнодорожной сортировочной станции

ительства (ПОС), проект производства работ, проект организации работ и т. д.);

- схема предъявления к оплате заказчику выполненных объемов работ;
- требования проектной организации (например, в рамках глав сводной сметы или по мере выпуска проектной документации);
- произвольный набор работ (как вариант);
- схема по информационным массивам;
- схема, учитывающая особенность работы подрядной организации;
- набор работ, соответствующий плановому горизонту (на весь срок строительства, на планируемый год, поквартально и т. д.).

Определение фронтов работ комплексных потоков

Фронты работ комплексных потоков формируются в соответствии со схемой переустройства станции. Проекты переустройства и реконструкции железнодорожных станций предусматривают варианты группировки объема работ во фронты: для поэтапного ввода и скоростной (см. таблицу). Решения принимаются на стадии технико-экономического обоснования и разработки проекта [5].

Поэтапный ввод в эксплуатацию предусматривает промежуточную сдачу элементов, имеющих самостоятельную эксплуатацию

онную готовность (формообразование комплексов работ этапа проектирования – ФКР-проект), задолго до окончания работ по всей станции [6, 10, 11]. За счет этого достигаются эффект от рационального распределения капитальных вложений и снижение издержек подрядных строительных организаций, связанных с концентрацией ресурсов на данном объекте.

Метод скоростного строительства применяется, если целесообразно организовать работу на широком фронте (практически с закрытием станции) с учетом конкретных территориальных и социально-экономических условий, а также возможностей подрядных строительных организаций [13, 14]. Однако в этом случае капитальные вложения замораживаются на весь период строительства.

Ввиду того, что большинство современных сортировочных станций реконструируется в сложных, стесненных условиях, предпочтительнее отдается поэтапному способу.

Организационно-технологическое проектирование ведут подрядные строительные организации на основе решений ПОС, иногда совместно с детализацией по рабочей документации для каждого этапа [4, 8, 9, 15–17]. Из-за большой стоимости объектов на этапах модели организации работ следует разрабатывать с учетом минимизации ущерба от временного замораживания капитальных

Организационные способы реконструкции сортировочных станций

Способ	Способ ввода	Особенности	Фронт работ
Поэтапный	Ввод в эксплуатацию промежуточных элементов	Рациональное распределение капиталов $K_{\text{рац}} = \sum K_{\text{стр}} \cdot \eta_t$	В пределах этапа строительства
Скоростной	Ввод по окончании работ по всем этапам	Замораживание капитальных вложений $\Gamma_3 = \frac{\sum k_i \cdot t_i}{\sum k_i}$	На широком фронте

Примечания. $K_{\text{рац}}$ – капитальные вложения, осуществляемые через t лет после исходного года; η_t – коэффициент приведения отдаленных затрат для соответствующего года; Γ_3 – средний срок замораживания средств, лет; k_i – капитальные вложения, не дающие экономического эффекта до окончания строительства (по каждому году $t_{\text{стр}}$); t_i – сроки по годам.

вложений в пределах этапа (рис. 2). Для этого следует рассматривать различные сочетания схем ввода элементов (варианты моделей 1, 2, 3 на рис. 2), входящих в сортировочную станцию. Производятся соответствующие корректировка и варьирование последовательностью ввода формообразований комплексов работ этапа, принятых на стадиях проектирования ($\text{ФКР}_{\text{проект}}$) и производства работ ($\text{ФКР}_{\text{подр}}$):

$$\text{ФКР}_{\text{проект}}^{\text{этапа}} \Rightarrow \text{ФКР}_{\text{подр}}^{\text{этапа}}$$

В пределах каждого этапа строительства для большей окупаемости капитальных вложений работа организуется комплексными и межузловыми потоками. Формируются возможные варианты организационно-технологических моделей. Для этого используется интегрированная с аналитическими системами трестов железнодорожного строительства программа Microsoft Project (MSP, MSPProject). Это дает возможность по выходной проектно-сметной документации взаимодействовать с базами данных, электронными таблицами, создавать текстовую и аналитическую документацию, работать в корпоративных сетях.

При этом переустройство станции, как правило, происходит без прекращения их эксплуатации. Эта особенность создает дополнительные трудности:

- часть работ приходится выполнять с перерывом для движения поездов – в «окна»;
- предъявляются дополнительные требования по технике безопасности и безопасности движения поездов;
- уменьшается емкость фронта строительных работ.

При этом порядок переустройства станционных путей должен предусматривать первоочередной ввод в действие путей, от которых зависит дальнейшее развертывание фронта работ по переустройству станции [12]. В ходе разработки при необходимости сохранения пропускной и перерабатывающей способности станции можно предусмотреть укладку временных путей, стрелочных пере-

водов, устройство обходов, а также переключение и выключение отдельных парков, путей и т. п.

В каждый этап следует включать полный комплекс работ для усиления пропускной способности станции или ее отдельных элементов. Так, на этапе укладки новых или удлинения существующих приёмоправочных путей должны предусматриваться работы по укладке стрелочных переводов и съездов для выхода с этих путей на главные и вытяжные пути; при укладке сортировочных путей – по укладке съездов на вытяжные пути, при сооружении развязки подходов к станции – по переустройству горловин станции, обеспечивающих включение новых подходов.

Определение рациональной величины фронта работ

Организационно-технологическое проектирование реконструкции сортировочной станции начинается с определения фронтов развертывания комплексных строительных потоков и расчета необходимых ресурсов. Фронт работ – это объемно-пространственная характеристика строительного потока. Как указывалось выше, в условиях реконструкции железнодорожной сортировочной станции объемы предоставляемых под реконструкцию работ и объектов могут различаться от минимально возможных – с целью сохранения максимальной перерабатывающей способности – до полного закрытия станции, т. е. 100%-го предоставления объемов фронта работ.

Чтобы определить рациональный объем фронтов работ, при которых работа станции достаточно эффективна, исследована зависимость перерабатывающей способности сортировочной станции ($N_{\text{п}}$, тыс. ваг./сут.) от процента выделения фронтов работ F . F представляет собой отношение объема формообразований комплексов работ (в сметной стоимости), имеющих самостоятельное эксплуатационное значение (этапа, потока, узла)

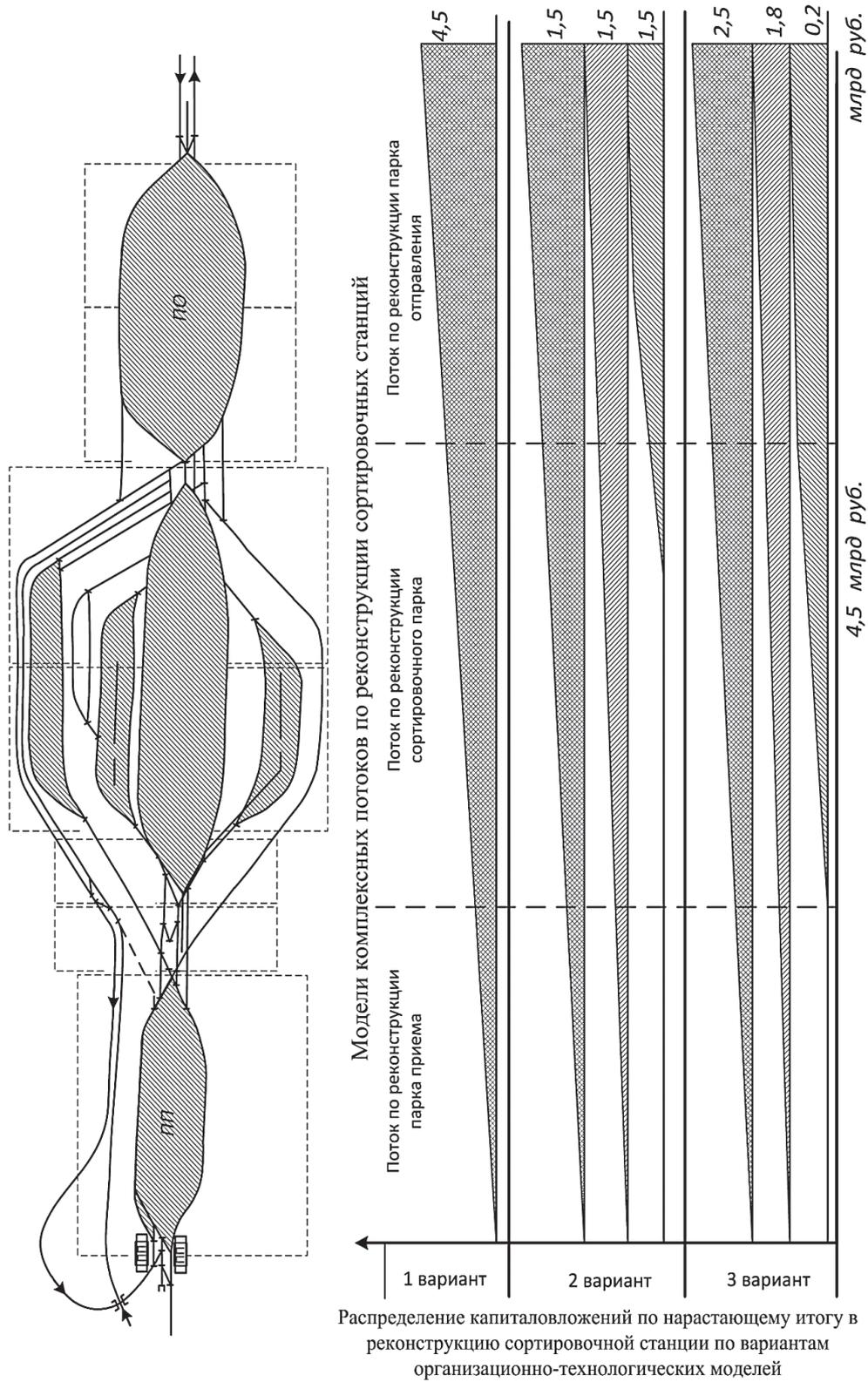


Рис. 2. Варианты организационно-технологических схем переустройства сортировочной станции

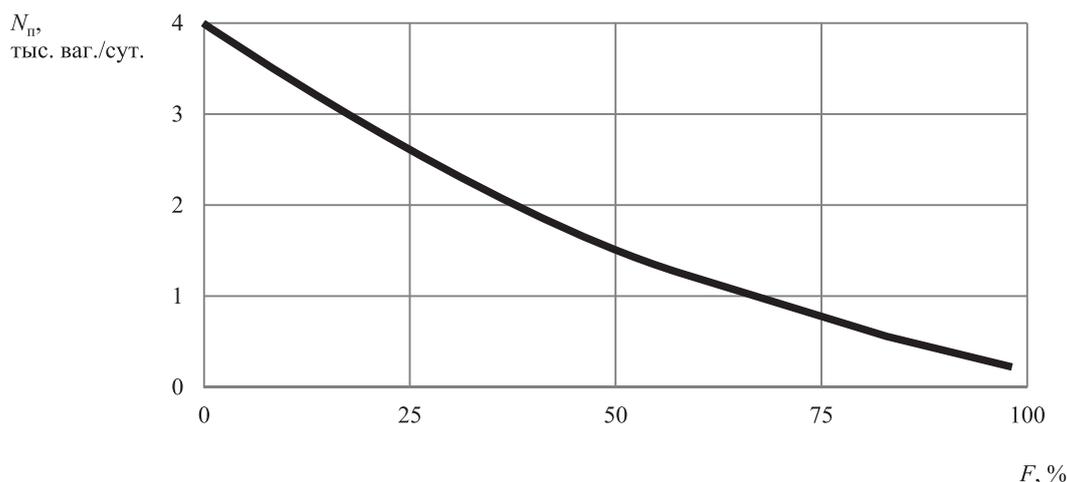


Рис. 3. Зависимость перерабатывающей способности (N_p) железнодорожной сортировочной станции от объема выделяемых фронтов работ (F) на развертывание строительных потоков

в пределах станции, к общему объему работ (этапа) по переустройству станции:

$$F = \sum \frac{Q_{\text{ФКР}_i}}{Q_i},$$

где $Q_{\text{ФКР}}$ – объем формообразований комплексов работ, потока в сметной стоимости; Q_i – общий объем работ этапа по переустройству станции.

При разработке организационно-технологических моделей реконструкции станции рациональный вариант организации комплексного потока определяется по наиболее высоким показателям перерабатывающей способности сортировочной станции (без ее полного закрытия) в период строительно-монтажных работ (рис. 3).

Заключение

Дальнейшее совершенствование организационно-технологического проектирования реконструкции станционных комплексов следует начинать с определения и классификации работ, строительных потоков на объекты, узлы, этапы, обладающие высокой степенью устойчивости по отношению к изменениям условий строительства. Высокая степень

устойчивости обеспечивается безостановочной работой станции и минимизацией ущерба перерабатывающей способности станции в период производства работ. Исследования, приведенные в данной статье на примерах реконструкции сортировочных станций Северо-Запада (Санкт-Петербург-Сортировочная Московская; Лужская Сортировочная), показали, что в проектах производства работ рекомендуется разбивать полный объем работ реконструкции на этапы, включающие 30–50 % (рис. 3) объектов реконструируемой станции. Это позволяет сохранить эффективную перерабатывающую способность и эффективность работы подрядных строительных организаций.

Библиографический список

1. Алексеев Ю. В. Развитие и реконструкция социально-транспортной инфраструктуры мегаполиса. Надземные автомагистрали над железной дорогой / Ю. В. Алексеев. – М. : АСВ, 2011. – 328 с.
2. Болотный В. Я. Переустройство железнодорожных станций / В. Я. Болотный, М. К. Брехов. – М. : Транспорт, 1982. – 172 с.
3. Болотный В. Я. Совершенствование схем и технологии работы железнодорожных станций : учеб. пособие для вузов / В. Я. Болотный. – М. : Транспорт, 1986. – 280 с.

4. Будников М. С. Основы поточного строительства / М. С. Будников и др. – Киев : Будівильник, 1961. – 361 с.
5. Инструкция по содержанию технической документации на устройства сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) ЦШ-617-10. – 2010. – 47 с.
6. Инструкция о порядке разработки, согласования и утверждения проектной документации на строительство объектов, финансируемое ОАО «РЖД» от 27.10.2005 г. № 1701 р (в ред. распоряжений ОАО «РЖД» от 12.10.2009 г. № 2076 р, от 13.08.2010 г. № 1748 р). – 30 с.
7. Кабанов А. В. Узловой метод организации строительства крупных транспортных объектов на примере реконструкции железнодорожной станции / А. В. Кабанов // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – № 10. – С. 108–111.
8. Олейник П. П. Организация строительного производства / П. П. Олейник. – М. : АСВ, 2010. – 576 с.
9. Олейник П. П. Методы определения продолжительности строительства объектов / П. П. Олейник, В. И. Бродский // Промышленное и гражданское строительство. – 2012. – № 12. – С. 31–33.
10. Правила приемки в эксплуатацию законченных строительством усилением, реконструкцией объектов федерального железнодорожного транспорта (утв. МПС РФ 25.12.2000 г. № ЦУКС). – 799 с.
11. Прокудин И. В. Организация строительства и реконструкция железных дорог : учеб. для вузов ж.-д. транспорта / И. В. Прокудин, Э. С. Спиридонов, И. А. Грачев и др. ; под. ред. И. В. Прокудина. – М. : УМЦ ЖДТ, 2008. – 736 с.
12. Распоряжение «О мерах по дальнейшему повышению качества ремонтно-путевых работ» (утв. 18.05.2009 г. № 1019 р).
13. Распоряжение «Об утверждении требований к составлению сметной документации при разработке проектной и рабочей документации на строительство объектов ОАО „РЖД“» (утв. 12.10.2009 г. № 2076 р).
14. Распоряжение «Об этапах капитального ремонта пути и искусственных сооружений путевого хозяйства ОАО „РЖД“» (утв. ОАО «РЖД» 31.10.2007 г. № 2072 р).
15. СНиП 3.01.01-85. Организация строительного производства.
16. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения.
17. СП 48.13330.2011. Организация строительства.

References

1. Alekseyev Yu. V. Razvitiye i rekonstruktsiya sotsialno-transportnoy infrastruktury megapolisa. Nadzemnyye avtomagistrali nad zheleznoy dorogoy [Development and Reconstruction of Social and Transport Infrastructure of a Megalopolis. Elevated Motorways over Railways]. Moscow, ASV, 2011. 328 p.
2. Bolotnyy V.Ya. & Brekhov M. K. Pereustroystvo zheleznodorozhnykh stanstiy [Reconstruction of Railway Stations]. Moscow, Transport, 1982. 172 p.
3. Bolotnyy V.Ya. Sovershenstvovaniye skhem i tekhnologii raboty zheleznodorozhnykh stantsiy: uchebnoye posobiye dlya vuzov [Perfecting Schemes and Operation Technology of Railway Stations: University Course Guide]. Moscow, Transport, 1986. 280 p.
4. Budnikov M. S. et al. Osnovy potochnogo stroitelstva [Sequenced-Flow Construction Principles]. Kiev, Budivylnyk, 1961. 361 p.
5. Instruction for keeping technical documentation for signalling arrangement TsSh-617-10. 2010. 47 p.
6. Instruction on development, clearance and approval of design documentation for building objects funded by Russian Railways JSC, issued Oct. 27, 2005 № 1701r (in versions approved by Russian Railways JSC orders on Oct. 12, 2009 N 2076r and on Aug. 13, 2010 г. N 1748r). 30 p.
7. Kabanov A. V. *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitelstvo – Industrial and Civil Construction*, 2014, no. 10, pp. 108-111.
8. Oleynik P. P. Organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva [Organisation of Construction Operations]. Moscow, ASV, 2010. 576 p.
9. Oleynik P. P. & Brodskiy V. I. *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitelstvo – Industrial and Civil Construction*, 2012, no. 12, pp. 31-33.
10. Rules for commissioning of federal rail transport objects completed in construction, strengthen-

ing, reconstruction (approved by Russian Federation Transport Ministry order Dec. 12, 2000, N TsUKS). 799 p.

11. Prokudin I. V., Spridonov E. S., Grachev I. A., Kolos A. F. & Terletskiy S. K. Organizatsiya stroitelstva i rekonstruktsiya zheleznikh dorog: uchebnik dlya vuzov zh.-d. transporta [Organisation of Construction and Reconstruction of Railways: Course Book for Railway Universities]; ed. I. V. Prokudin. Moscow, UMTs ZhDT, 2008. 736 p.

12. Order “On Measures for Further Improvements in Quality of Track Repair Operations” (approved May 18, 2009, N 1019r).

13. Order “On Approving Requirements for Drawing Up Cost Estimation Documents in Development of

Project and Operational Documentation for Building Russian Railways JSC Objects” (approved Oct. 12, 2009, N 2076r).

14. Order “On Stages of Full Repair of the Track and Track Infrastructure of Russian Railways JSC” (approved by Russian Railways JSC Oct. 31, 2007, N 2072r).

15. Building Code SNiP 3.01.01-85. Organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva [Organisation of Construction Operations].

16. Building Code SNiP 11-02-96. Inzhenernyye izyskaniya dlya stroitelstva. Osnovnyye polozheniya [Engineering Surveys for Construction. Basic Principles].

17. Set of Rules SP 48.13330.2011. Organizatsiya stroitelstva [Organisation of Construction].

*КАБАНОВ Александр Васильевич – канд. техн. наук, доцент, avkabanov07@inbox.ru;
ЖЕМЧУГОВА Надежда Александровна – аспирант, dguchila@rambler.ru (Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I).