



13. Mel'nichenko O. V., Vlas'evskii S. V., Mel'nichenko T. N., Babichuk A. K. Novye vozmozhnosti elektrovozov s pлавным regulirovaniem napryazheniya [New possibilities of electric locomotives with smooth voltage regulation]. *Trudy 44-i Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii uchenykh transportnykh vuzov "Sovremennye tekhnologii – zheleznodorozhnomu transportu i promyshlennosti"* [Proceedings of the 44th national theoretical and practical conference for scientists of transport universities "Modern technologies to railway transport and industry"]. DVGUPS, Khabarovsk, January 25-26, 2006. Vol. 1. Pp. 119-122.

14. Mel'nichenko O. V., Vlas'evskii S. V. Tekhnicheskie resheniya v upravlenii vypryamitelem elektrovoza VL85 dlya povysheniya ego koeffitsienta moshchnosti [Technical solutions in controlling VL85 electric locomotive rectifier for power factor increase]. *Resursosberegayushchie tekhnologii na zheleznodorozhnom transporte. Materialy Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* [Energy saving technologies in railway transport. Proceedings of the national scientific conference]. Krasnoyarsk, May 19-21, 2005. Vol. 1. Pp. 379-382.

15. Vlas'evskii S. V., Skorik V. G., Mel'nichenko O. V. Svobodnye kolebaniya napryazheniya v kontaktnoi seti, vyzvannye protsessami kommutatsii tiristornykh preobrazovatelei elektrovozov [Voltage free oscillations in railway traction grids induced by commutation processes in electric locomotive thyristor power converters]. *Elektronika i elektrooborudovanie transporta. Nauchno-tekhnicheskii zhurnal* [Transport electronics and electrical equipment. Scientific and technical magazine]. 2007, No. 1. Pp. 14-19.

16. Mel'nichenko O. V., Tsybul'skii V. S. Povyslenie kachestva elektricheskoi energii v kontaktnoi seti s tselyu snizheniya otkazov elektronnoho i silovogo oborudovaniya elektrovoza [Railway traction grid electric energy quality increase for locomotive electric and power equipment failure reduction]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie* [Modern technologies. System analysis. Modeling]. IrGUPS Publ., Irkutsk, 2008, No. 3 (19). Pp. 58-66.

17. Tikhmenev B. N., Kuchumov V. A. Elektrovozy peremennogo toka s tiristornymi preobrazovatelyami [Alternating current electric locomotives with thyristor power converters]. Transport Publ., Moscow, 1988, 324 p.

18. Savos'kin A. N., Kulnich Yu. M., Alekseev A. S. Matematicheskoe modelirovanie elektromagnitnykh protsessov v dinamicheskoi sisteme "kontaktnaya set – elektrovoz" [Mathematical modelling of electromagnetic processes in an "overhead network – electric locomotive" dynamic system]. *Elektrichestvo* [Electricity]. 2002, No. 2. Pp. 29-35.

Информация об авторах

Authors

Богинский Сергей Антонович – заместитель начальника Дирекции тяги по планированию и контролю ремонта локомотивов, ОАО «РЖД», г. Москва, e-mail: CT_boginskyiSA@center.rzd.ru

Sergei Antonovich Boginskii – Deputy Head of the Traction Directorate for scheduling and monitoring the repair of locomotives, JSCo RZD, Moscow, e-mail: CT_boginskyiSA@center.rzd.ru

Мельниченко Олег Валерьевич – д. т. н., профессор, заведующий кафедрой электроподвижного состава, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: olegmel'naval@mail.ru

Oleg Valer'evich Mel'nichenko – Doctor of Engineering Science, Full professor, Head of the Subdepartment of Electric Rolling Stock, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: olegmel'naval@mail.ru

Линьков Алексей Олегович – к. т. н., доцент кафедры электроподвижного состава, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: linkovalex@mail.ru

Linkov Aleksei Olegovich – Ph.D. in Engineering Science, Assoc. Prof. at the Subdepartment of Electric Rolling Stock, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: linkovalex@mail.ru

Для цитирования

For citation

Богинский С. А. Повышение коэффициента мощности электровозов переменного тока за счет новой организации сетевой коммутации плеч выпрямительно-инверторного преобразователя / С. А. Богинский, О. В. Мельниченко, А. О. Линьков // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2019. – Т. 62, № 2. – С. 166–177. – DOI: 10.26731/1813-9108.2019.2(62).166–177

Boginskii S. A., Mel'nichenko O. V., Lin'kov A. O. Povyslenie koeffitsienta moshchnosti elektrovozov peremennogo toka za schet novoi organizatsii setevoi kommutatsii plech VIP [Increasing AC locomotive power factor by reorganizing line commutation of the RIC arms]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2019. Vol. 62, No. 2. Pp. 166–177. DOI: 10.26731/1813-9108.2019.2(62).166–177

УДК 656.212

DOI: 10.26731/1813-9108.2019.2(62).177–185

О. И. Залогова¹, Л. Н. Такайшвили²

¹ Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

² Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук, г. Иркутск, Российская Федерация

Дата поступления: 10 марта 2019 г.

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ МОНГОЛИИ ДЛЯ ЭКСПОРТА УГЛЯ



Аннотация. В статье описаны результаты изучения проблемы оптимального оснащения транспортной инфраструктуры Монголии в связи с планируемым увеличением экспорта угля. Исследование проводилось с применением методов системного анализа. Выполнена оценка запасов угольных месторождений Монголии и рассмотрена задача его экспорта. Наиболее крупные проекты развития железнодорожной инфраструктуры связаны с месторождениями угля Таван Толгой и Овоот Толгой. Авторами была произведена оценка дополнительных грузопотоков, которые могут быть привлечены на железную дорогу в долгосрочной перспективе. Обеспечение надежной доставки грузов при увеличении объемов перевозок может столкнуться с рядом проблем. Одной из самых острых является недостаточная мощность монгольских железных дорог. Сделан вывод, что главными задачами для развития перевозок угля в ближайшие годы становятся строительство новых железнодорожных линий и развитие существующей инфраструктуры. В работе выполнен анализ текущего состояния Улан-Баторской железной дороги, которая является основным транспортным коридором для транзитных грузов. Соделан расчет наличной пропускной способности всей магистрали, выявлены лимитирующие элементы. Проведенное исследование показало, что в настоящий момент емкость линии не отвечает растущему спросу на перевозки и потребностям грузоотправителей. Для решения этой проблемы были проанализированы условия модернизации железной дороги и предложены мероприятия для повышения ее пропускной способности в зависимости от растущих объемов перевозок и технического срока реконструкции линии. Выбраны схемы этапного развития технического оснащения.

Ключевые слова: месторождения угля, экспорт, инфраструктура, пропускная способность, параметры технического оснащения, этапы развития, Улан-Баторская железная дорога.

O. I. Zalogova¹, L. N. Takaishvili²

¹ Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

² Melentiev Energy Systems Institute of the Siberian Branch of the RAS, Irkutsk, the Russian Federation

Received: March 10, 2019

STATE AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE OF MONGOLIA FOR COAL EXPORT

Abstract. The article describes the results of the study of the transport infrastructure optimal equipment problem in Mongolia in connection with the planned increase in coal exports. The study was conducted using the methods of system analysis. The reserves of coal deposits in Mongolia and the problem of its transportation for export were evaluated. The most major development projects of the railway infrastructure are related to the coal deposits of Tavan Tolgoi and Ovoot Tolgoi. The authors assessed additional freight flows that can be attracted to the railway in the long term. While ensuring reliable delivery of goods with an increase in traffic volumes, one can face a number of problems. One of the most important of them is the insufficient capacity of the Mongolian Railways. It is concluded that the main tasks for the development of coal transportation in the coming years are the construction of new railway lines and the development of existing infrastructure. The paper analyzes the current state of the Ulaanbaatar railway, which is the main transport corridor for freight in transit. The calculation of the available train-handling capacity of mainline was done. The limiting elements were identified. The study showed that at the present time the capacity of the line does not meet the growing demand for transportation and the needs of freight consignors. To solve this problem, after analyzing the conditions of modernization, measures were proposed to increase the train-handling capacity depending on the growing volumes of traffic and the technical period of reconstruction of the line. The schemes of stage development of technical equipment were chosen.

Keywords: coal deposits, exports, infrastructure, train-handling capacity, technical equipment parameters, stages of development.

Введение

Монголия располагает значительными ресурсами полезных ископаемых, востребованных на мировом рынке. Это – медный концентрат, золото, уголь, цинковая и железная руды, сырая нефть и уголь [1, 2]. Для экономики страны имеет большое значение экспорт товаров, в том числе минеральных ресурсов, доля которых в экспорте составляет около 85 % [3, 4]. Большая часть монгольского импорта и экспорта осуществляется по железной дороге (более 95 % грузов) как внутри страны, так и за ее пределами. В последние годы уголь превзошел экспорт других товаров и стал наиболее важным экспортируемым продуктом для поддержки национальной финансовой системы. В 2018 г. доход от экспорта угля составил 2 802,5

млн долл. США, что почти в три раза выше, чем за тот же период 2016 г. [3]. Перспективы развития угольной промышленности и формирования потоков угля представляют особый интерес для обоснования развития железных дорог Монголии.

В настоящее время социально-экономическое развитие страны неразрывно связано с освоением новых крупных месторождений полезных ископаемых. Наибольший интерес зарубежных и монгольских инвесторов привлекают меднозолотое месторождение Оюу-Толгой, угольных месторождений Таван-Толгой, Овоот Толгой, Шиве Обо. Большинство стратегических месторождений в Монголии расположены в мало освоенных районах с неразвитой инфраструктурой и не имеют выхода на главную железнодорожную ма-



гистраль страны – Улан-Баторскую железную дорогу (УБЖД). Для эффективного освоения крупных месторождений необходимо создать развитую инфраструктуру, прежде всего железнодорожную. Железнодорожный транспорт играет исключительно важную роль не только для внутренних и транзитных перевозок, но также и для выхода продукции страны на международные рынки. Транспортная сеть Монголии имеет стратегическое значение для экономики страны и для уменьшения ее изоляции в мире и в пределах своих границ.

Ресурсы угля для поставок на экспорт

По ресурсам угля Монголия входит в первую десятку в мире. Ресурсы угля оцениваются в 173,5 млрд т, в том числе около 31,7 млрд разведанных запасов категорий А + В + С1 (состояние на 1 января 2016 г) [5]. Запасы угля распределены более или менее равномерно по всей территории республики. С целью наращивания экспорта угля наиболее привлекательны месторождения коксующегося угля южного региона Таван-Толгой и Овоот Толгой и центрального – Шиве Обоо. Запасы каменного угля наиболее крупного из них месторождения Таван-Толгой, по оценкам специалистов, превышают 6 млрд т, в том числе 1,8 млрд т коксующегося угля.

Экспорт угля с 2005 г. по 2017 г. вырос с 2,1 млн т до 29 млн т (табл. 1). На экспорт поставляются продукты переработки (концентрат) и рядовой каменный уголь. Основной импортер монгольского угля Китай. Небольшие партии угля в

2018 г. были поставлены в Гонконг и Великобританию. В перспективе наиболее вероятными импортерами монгольского угля являются Китай, Япония, Республика Корея, КНДР и Индия. В настоящее время уголь поставляется до границы с Китаем автомобильным транспортом.

Потенциально возможные объемы добычи угля в Монголии к 2035 г. оцениваются в 125 млн т, в том числе для экспорта – около 75–90 млн т в год [6]. При интенсивном развитии экономики страны внутреннее потребление угля за этот период может вырасти до 12–24 млн. т в год.

Приведены проекты, представленные в официальных документах, для которых запасы угля, подготовленные к разработке, превышают 100 млн т (табл. 2) [7]. Наиболее значимыми проектами являются: разработка месторождения Таван Толгой на юге Монголии, Овоот Толгой – на северо-западе и Шиве Обоо на северо-востоке. Лицензиями на разработку месторождений угля частично или полностью владеют иностранные компании и в финансировании проектов принимают участие международные организации.

Анализ состояния и перспективы развития транспортной инфраструктуры Монголии

Комплексный анализ и прогноз транспортного обеспечения угольного рынка базируется на оценке основных параметров инфраструктуры железнодорожного транспорта. Главная железнодорожная магистраль Монголии УБЖД связывает Улан-Батор с Россией и Китаем и, тем самым, Во-

Т а б л и ц а 1

Показатели производства и использования угля, млн. т

Показатель	Год									
	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Добыча, всего	5,2	7,5	25,2	32,0	29,9	30,1	25,3	24,2	35,5	48,1
Переработка угля	–	–	–	2,6	3,8	10,1	4,6	2,6	3,0	8,0
Поставки угля:	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Экспорт	0,0	2,1	16,7	16,6	15,5	12,6	14,3	13,3	24,1	29,0
Внутреннее потребление	5,2	5,5	6,9	6,8	7,4	8,2	8,3	7,8	8,4	8,6

Т а б л и ц а 2

Проекты развития угледобычи для экспорта угля

Месторождение / участок месторождения	Владелец	Год начала эксплуатации	Объем добычи в 2017 г., млн т	Потенциальная добыча, млн т
Таван Толгой Цанхи: Восточный Западный	Erdenes Tavan Tolgoi JSC	2013	5,6	15–20
		2010	4,3	
Укхаа Кудях	Energy Resources LLC	2009	8,2	15
Овоот Толгой	Southgobi Sands LLC	2007	6,3	9
Нариин Сукхат	Mongolian gold MAK LLC	2007	4,6	14
Кхушуут	MoEnCo LLC	2009	1,5	3
Шиве Обоо	Aspire Mining Limited	1990	2,0	5–12
Буруун Наран	Energy resource LLC	2012	0,1	7



сточную Азию с Европой. Она была построена вскоре после окончания Второй мировой войны и на протяжении всех этих лет играла ключевую роль в обеспечении внутренних и транзитных перевозок грузов Монголии. На ее долю приходится свыше 80 % всех грузовых и пассажирских перевозок страны, УБЖД имеет важное стратегическое значение как для Монголии, так и для Российской Федерации. Железная дорога представляет собой однопутную линию с тепловозной тягой, разделенную на четыре диспетчерских участка. Основным средством связи на перегонах является полуавтоблокировка. На дороге насчитывается 76 раздельных пунктов. Наиболее крупные из них –: Сухэбатор, Улан-Батор, Дархан, Зунхара, Эрдэнэт, Толгойт, Багануур, Чойр, Сайншанд, Еруу, Шивээ-Овоо, Олон-ово, Айраг, Бор- Ундур, Дзамын-Ууд. Сортировочная работа сосредоточена на станции Улан-Батор. Пропускная способность линии составляет 14 пар поездов в сутки, провозная 25 млн т в год [8]. В настоящее время эксплуатационная длина железных дорог Монголии более 1 800 км [9], приведены характеристики участков (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Характеристика железнодорожных участков

Наименование участка	Протяженность, км	Количество раздельных пунктов
Сухэ-Батор – Дзамын-Ууд	1 110	76
Эрэнцав – Чойбалсан	268	5
Салхит – Эрдэнэт	164	6
Багахангай – Багануур	94	3
Дархан-II – Шарын Гол	62	1
Айрак – Бор-Ундур	60	1
Сайншанд – Зуунбаян	50	1
Толгойт – Сонгино	20	2
Хонхор – Налайх	13,7	1

Второй по величине железнодорожной линией Монголии является участок Эрэнцав – Чойбалсан, который не связан с крупнейшей трансмонгольской магистралью Сухэ-Батор – Дзамын-Удэ. К главной магистрали примыкает несколько участков, назначение которых – транспортировка грузов из рудников и угольных разрезов. Основная работа по обслуживанию угольных месторождений сосредоточена на станциях Найлайх, Шарын Гол, Багануур, Шивээ-Овоо, Олон-Овоо, рудников – Чойр, Эрдэнэт, Ероо.

Из приведенного анализа развития угольной промышленности и железнодорожного транспорта можно сделать вывод, что не все перспективные месторождения имеют выход на главный ход железных дорог. Доставка полезных ископаемых из

Таван Толгой, Овоот Толгой происходит автомобильным транспортом. Следовательно, строительство новых железнодорожных дорог необходимо для развития угольной промышленности Монголии, ориентированной на экспорт угля. Для месторождения Таван Толгой, расположенного на юге Монголии, рассматриваются два варианта железнодорожного сообщения: до заграничного перехода Гашуун Сукхайт на границе с Китаем, с примыканием железнодорожной ветки Оюу – Толгой и до станции Зуунбаян, с выходом на основную магистраль УБЖД [10].

Месторождения угля Укхаа Кудух и Нарин Сукхат могут обслуживаться той же железнодорожной линией, что и месторождение Таван Толгой.

Для выхода на международные рынки с месторождения Овоот Толгой, расположенного на северо-западе Монголии, началось строительство железной дороги Эрдэнэт – Овоот. Отрезок будущей железной дороги будет иметь выход к российской границе на севере Монголии и к УБЖД.

Общий объем перевозимого груза по главному ходу стабильно растет. За январь – март 2018 г. погрузка выросла до 4,686 млн т, что на 23,3 % превышает показатели того же периода прошлого года, грузооборот составил 3 547,6 млн ткм (выше на 37,7 %). Контейнерные транзитные перевозки через Дзамын-Ууд по итогам I квартала составили 13 940 двадцатифутового эквивалента (ДФЭ), это больше, чем через российский Забайкальск (11 103 ДФЭ) [11]. В целом за 2018 г. объем перевозок на УБЖД составил 24,5 млн. т, что на 1,8 млн т больше, чем в 2017 г. На 27 % выросли транзитные и импортные перевозки. К 2030 г. ожидается увеличение грузопотока до 50 млн т. [12, 13].

Эффективная транспортировка грузов невозможна без дальнейшего развития инфраструктуры УБЖД. Рост экспорта угля требует увеличения пропускной и провозной способности главных магистральных направлений и, в первую очередь, путем устранения ограничивающих элементов и создания необходимых резервов [14, 15].

Стратегические задачи развития железных дорог Монголии были определены Концепцией реализации совместного российско-монгольского проекта развития АО «УБЖД» и строительства новой железнодорожной инфраструктуры [16]. Проект предполагается реализовать по следующим основным направлениям:

- модернизация существующей сети АО «УБЖД»;
- строительство новой железнодорожной линии Зуунбаян – Таван Толгой;

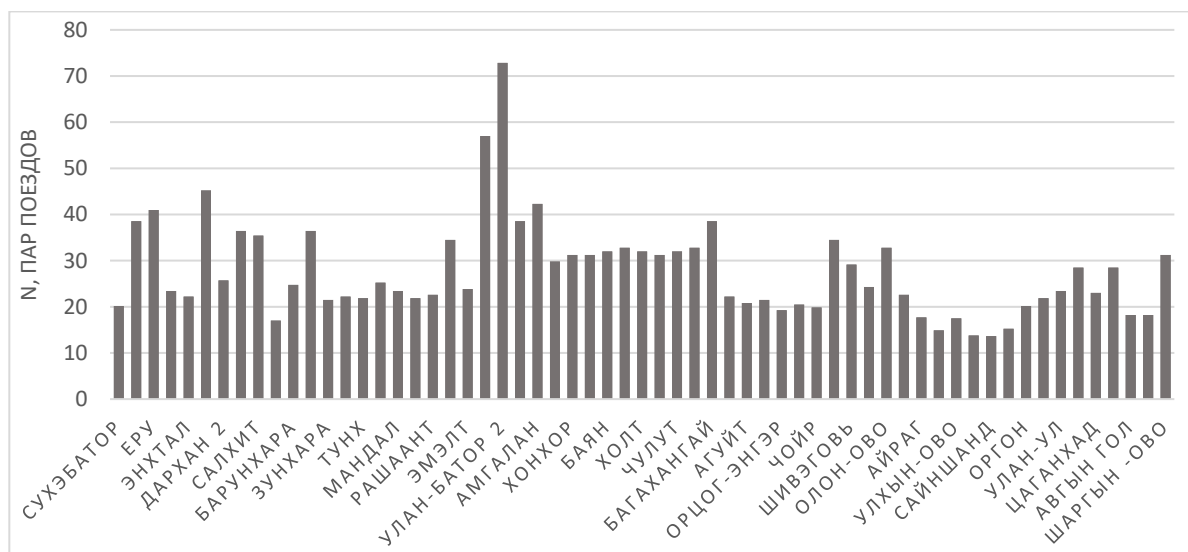


Рис. 1. Пропускная способность Улан-Баторской железной дороги

– строительство дополнительной железнодорожной ветки Сайншанд – Чойбалсан (в перспективе, при наличии соответствующих условий) для сокращения протяженности северного маршрута и обеспечения возможности разработки месторождений восточных районов Монголии.

Реализация этой программы обеспечит интенсивное развитие УБЖД как важнейшей транзитной артерии и канала внешнеторговых перевозок, а ее результатом станет освоение сырьевой базы Южно-Гобийского региона, создание условий для формирования промышленных центров на территории Монголии с размещением в них перерабатывающих производств. Новая железнодорожная линия Таван Толгой – Зуунбаян будет соединена с главной железнодорожной линией, открывая выход для транспортировки коксующегося угля Таван Толгой как в направлении Китая, так и по северному маршруту через дальневосточные порты России. Кроме того, она будет играть важную роль в создании заводов по производству побочных продуктов из угля.

Для транспортного обеспечения возрастающего экспорта монгольского угля необходимо исследовать ключевые элементы и факторы, влияющие на него. Основные из которых – это объемы перевозок, пропускная способность линии и капитальные затраты. С этой целью в работе был произведен расчет наличной пропускной способности по главному ходу, который показал, что лимитирующим элементом является участок Айраг – Сайншанд. Пропускная способность на нем, которая составляет порядка 25 млн т, практически сравнялась с потребной и требуется разработка мероприятий, позволяющих усилить инфраструктуру (см. рис. 1). Расчет производился в соответ-

ствии с Инструкцией по расчету наличной пропускной способности железных дорог при непакетном парном параллельном графике движения поездов [17].

При перспективном развитии линии исходят из постепенного осуществления мер в течение расчетного периода с учетом темпов роста перевозок.

Для этого рассматривают варианты схем увеличения пропускной и провозной способности и технические сроки их осуществления. Технический срок определяется из условия равенства наличной и потребной способности. Каждый вариант характеризуется параметрами технической оснащенности. Мероприятия по освоению предстоящих перевозок, выбирают, сопоставляя планируемые объемы перевозимого груза и возможную мощность линии с учетом оценки различных уровней технического оснащения (табл. 4).

В настоящий момент главной задачей для дорог Монголии является замена полуавтоблокировки на более совершенные системы регулирования движения, которые обеспечат повышение безопасности движения поездов, позволят организовать пакетное движение и сократить станционные интервалы. Кроме того, совершенствование устройств сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) облегчает условия труда, позволят сократить штат работников и эксплуатационные расходы. На однопутной линии, оборудованной интервальным регулированием движения, пропуск поездов должен осуществляться по частично-пакетному графику. Применение непакетного графика в новых условиях не изменит количество поездов на графике движения. При уплотнении графика движения поездов требуется определить оптимальное значение коэффициента пакетности для



растущего грузопотока. Количество поездов в пакете ограничивается двумя, в связи с потребностью в большом числе дополнительных приемо-отправочных путей для обеспечения скрещений и обгонов пакетов.

Другим мероприятием может быть уменьшение длины перегонов за счет открытия дополнительных разъездов, что позволит сократить период графика и уменьшить время хода по ограничивающему перегону. На участках, имеющих значительную идентичность перегонов, для эффективного увеличения пропускной способности требуется последовательное открытие нескольких отдельных пунктов на участках с периодом близким к ограничивающему.

Одним из наиболее часто применяемых спо-

собов в настоящее время является развитие тяжеловесного движения. Однако пропуск тяжеловесных поездов на однопутном участке значительно усложняет технологию работы всего железнодорожного комплекса. Это связано с недостаточным путевым развитием технических и промежуточных станций участка, поэтому следующим этапом является удлинение станционных путей с одновременным усилением силы тяги или улучшением использования существующих локомотивов [18, 19].

Рассмотрим алгоритм исследования этапов усиления линии. В первую очередь требуется в течение расчетного периода времени определить требуемую пропускную способность с учетом предполагаемого роста перевозок. Затем в зависимости от рассматриваемого технического оснаще-

Т а б л и ц а 4

Варианты технической оснащенности линии

№	Предлагаемые мероприятия	Срок эксплуатации линии, год
1	Применение системы интервального регулирования движением поездов и частично-пакетного графика с коэффициентом пакетности 0,25	0,6
2	Применение системы интервального регулирования движением поездов и частично-пакетного графика с коэффициентом пакетности 0,25, удлинение приемо-отправочных путей на пяти станциях	1,2
3	Применение системы интервального регулирования движением поездов и частично-пакетного графика с коэффициентом пакетности 0,25, строительство двух разъездов	1,2
4	Применение системы интервального регулирования движением поездов, частично-пакетного графика с коэффициентом пакетности 0,25, строительство дополнительных путей на трех станциях, строительство четырех разъездов	2
5	Применение системы интервального регулирования движением поездов и частично-пакетного графика с коэффициентом пакетности 0,35, строительство дополнительных путей на четырех станциях, удлинение приемо-отправочных путей на пяти станциях	2
6	Применение системы интервального регулирования движением поездов и частично-пакетного графика с коэффициентом пакетности 0,35, строительство дополнительных путей на четырех станциях и четырех разъездов	3
7	Применение системы интервального регулирования движением поездов и частично-пакетного графика с коэффициентом пакетности 0,35, строительство дополнительных путей на четырех станциях, четырех разъездов, удлинение приемо-отправочных путей на восьми станциях	3,6
8	Применение системы интервального регулирования движением поездов и частично-пакетного графика с коэффициентом пакетности 0,45, строительство дополнительных путей на восьми станциях, удлинение приемо-отправочных путей на пяти станциях	3
9	Применение системы интервального регулирования движением поездов и частично-пакетного графика с коэффициентом пакетности 0,45, строительство дополнительных путей на восьми станциях, пяти разъездов	5
10	Применение системы интервального регулирования движением поездов и частично-пакетного графика с коэффициентом пакетности 0,55, строительство дополнительных путей на двенадцати станциях, удлинение приемо-отправочных путей на восьми станциях	3,6
11	Применение системы интервального регулирования движением поездов и частично-пакетного графика с коэффициентом пакетности 0,55, строительство дополнительных путей на двенадцати станциях, шести разъездов, удлинение приемо-отправочных путей на восьми станциях	6
12	Применение системы интервального регулирования движением поездов и частично-пакетного графика с коэффициентом пакетности 0,55, строительство дополнительных путей на двенадцати станциях, удлинение приемо-отправочных путей на восьми станциях,	7,5
13	Применение системы интервального регулирования движением поездов и частично-пакетного графика с коэффициентом пакетности 0,55, строительство дополнительных путей на двенадцати станциях, удлинение приемо-отправочных путей на десяти станциях, строительство семнадцати разъездов	12



ния рассчитываем количество поездов, которые можно пропустить на данном направлении. Сравнивая эти величины получаем срок внедрения. Выбранные мероприятия применяются поэтапно в различных сочетаниях при условии

$$N_i < N_{i+1},$$

где N_i – наличная пропускная способность, получаемая при проведении i мероприятия на определенном этапе усиления; N_{i+1} – пропускная способность на последующих этапах.

Требуется найти оптимальную очередность проведения мероприятий с учетом технического срока реконструкции участка и повышения его мощности. По разработанным вариантам были выполнены расчеты с варьированием основных параметров и показателей технического оснащения. По итогам расчета получен график развития технического оснащения участка (рис. 2).

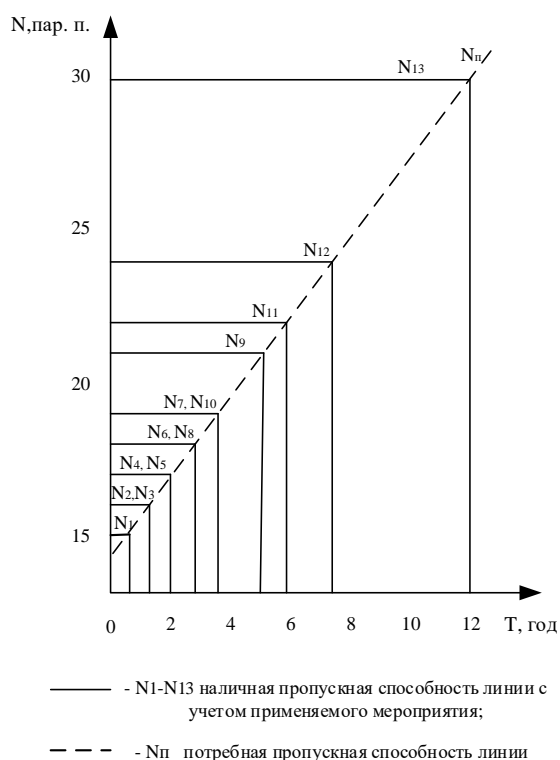


Рис. 2. График развития пропускной способности линии

Исходя из проведенных расчетов определили последовательный выбор этапов развития линии с пропускными способностями

$$N_1 \rightarrow N_2 \rightarrow N_5 \rightarrow N_8 \rightarrow N_{10} \rightarrow N_{11} \rightarrow N_{12} \rightarrow N_{13}.$$

Для возрастающего объема перевозок рекомендована частичная укладка второго пути. Альтернативным вариантом может быть строительство параллельного хода от станции Сайншанд до

Баянтумен с выходом на заграничный переход Эрэнцав. Данное мероприятие позволит значительно разгрузить УБЖД.

Кроме модернизации УБЖД для поставок угля на экспорт и внутреннего потребления министерством дорожного и транспортного развития Монголия обозначен план сооружения новых железнодорожных линий, связывающих месторождения угля и погранпереходы или / и УБЖД (см. табл. 5).

Общая протяженность этих линий составляет 2,2 тыс. км.

Реализация проектов развития железнодорожной инфраструктуры происходит с участием международных компаний, том числе российских и китайских.

Т а б л и ц а 5

Проекты развития железнодорожного сообщения до 2020 г.

Проект	Расстояние, км
Эрденет – Овоот – Артсуури	770
Бодгхан биypass	150
Зуунбайан – Кханги	281
Тавантолгой – Сайншанд	458
Шивескүрен – Секхе	13
Таван Толгой – Гашуун Сукхай	267
Железнодорожная ветка Ою Толгой	40,4
Кхуут – Вишегт	222

Заключение

Системный анализ полученных результатов исследования позволяет сделать вывод о том, что развитие экспорта очень важно для дальнейшего совершенствования экономики Монголии. Исходя из возможностей разработки угля по месторождениям Монголии, прогнозов спроса на уголь на внутреннем и мировых рынках была дана оценка перспективных объемов добычи угля и сделан вывод, что его эффективная транспортировка невозможна без развитых железнодорожных магистралей. В обозримом будущем уголь будет продолжать оставаться одним из основных топливно-энергетических ресурсов в топливно-энергетическом балансе Монголии. Дальнейшее развитие угольной энергетики Монголии зависит от возможностей увеличения объемов геологоразведочных работ, развития транспортной и производственной инфраструктур, развития внутреннего и внешнего рынков.

В связи с этим деятельность железных дорог должна быть направлена на транспортное обслуживание крупнейших промышленных предприятий, среди которых значительное место занимают предприятия угольной промышленности. Рост объемов перевозок угля серьезно увеличивает



нагрузку на транспортные инфраструктуры. При сохранении существующих тенденций роста объемов перевозок на железнодорожном транспорте протяженность «узких мест» вырастет. Решение этой проблемы требует вложения инвестиций в инфраструктуру.

Анализ состояния железнодорожного транспорта позволил выявить, что транспортная инфраструктура Монголии в настоящее время сталкивается с большими трудностями. Существующее состояние не может обеспечить потенциально возможный рост экспорта товаров на международные рынки. Проведенное исследование позволило определить мероприятия по увеличению пропускной и провозной способности участков. К их числу отнесены: оборудование линии системами интервального регулирования движением поездов; строительство дополнительных развязок для уменьшения расстояния между отдельными

пунктами; удлинение станционных приемо-отправочных путей с целью повышения веса поезда. В каждом варианте рассматривается увеличение пропускной способности до определенного уровня и технически возможный срок осуществления. Разработана схема оптимального оснащения линии.

Модернизация УБЖД позволит существенно повысить ее пропускную способность, увеличить объем грузоперевозок из Восточной Азии. Учитывая существующее состояние экономики Монголии, реализация проектов по развитию транспортной инфраструктуры возможна только при финансовой и технической поддержке международных компаний.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, грант №18-510-94006

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воробьев Б.М. Уголь мира/ Под ред. Л.А.Пучкова. - М.: Горная книга, 2013, Т.III; Уголь Евразии. 752 с.
2. Плакиткина Л.С., Плакиткин Ю.А. Угольная промышленность мира и России: анализ, тенденции и перспективы развития / - М.: Литература, 2017. – 374 с.
3. Mongolian Statistical Information Service (Электронный ресурс: www.1212.mn)
4. Gotov Dugerjav, Enhancing Northeast Asia and Mongolia Economic Cooperation through Developing Transport Corridors. (Электронный ресурс: [http://www.cscap.org/uploads/docs/Related%20Research/10GenConf/7GotovDugerjav\(Mongolia\)10GC.pdf](http://www.cscap.org/uploads/docs/Related%20Research/10GenConf/7GotovDugerjav(Mongolia)10GC.pdf))
5. Очирбат Пунсалмагийн Угольная промышленность Монголии: состояние и перспективы развития // Записки Горного института. 2017. Т. 226. С. 420-427.
6. Очирбат П., Батхуяг С. Угольная промышленность Монголии: Современное состояние и перспективы развития. [электронный ресурс] <https://docplayer.ru/32007428-Ochirbat-punsalmaagiyn-d-e-n-akademik-an-mongolii-sovetnik-professor-gornogo-institut-a-mongolskogo-universiteta-nauki-i-tehnologii-munit.html>
7. The annual report 2016, geology mining petroleum heavy industry/ Mineral resources and petroleum authority of mongolia, Ulaanbaatar, 2017, 148 с.
8. Намсрай Намжилдорж Интенсификация перевозок грузов по сети АО «Улан-Баторская железная дорога» на 2020 год / Намсрай Намжилдорж // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2018. –Т. 60, № 4. –С.132–138.
9. Ulziinorov Gansukh, Xu Ming, Syed Ahtsham Ali Analysis of the Current Situation of Mongolian Railway and Its Future// Development International Business Research. –Vol. 11, No. 5. pp.119–128 –2018 ISSN 1913-9004 E-ISSN 1913-9012
10. Sereeter Jigjee, Transport challenges and opportunities for Mongolia, 2018, 20 p. (Электронный ресурс: [http://www.uncred.or.jp/content/documents/7221Prese ntation%202_mrt dSereeter03Octenfinal%20\(1\).pdf](http://www.uncred.or.jp/content/documents/7221Prese ntation%202_mrt dSereeter03Octenfinal%20(1).pdf))
11. Монголию свяжут коридорами. Gudok.ru.<https://www.gudok.ru/freighttrans/?ID=1410499>
12. Баясгалан Даваасурэн Транзитные перевозки продукции нефти и газопереработки через территорию Монголии // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2018. –Т. 58, № 2. –С.64–72
13. Баясгалан Даваасурэн Обоснование необходимости строительства второй железнодорожной линии между Монголией и Китаем// Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2018. –Т. 60, № 4. –С.56–63
14. Залогова О.И. Поэтапное усиление пропускной способности железнодорожной линии //Актуальные аспекты организации работы железнодорожного транспорта. сб. научн. трудов – Иркутск: ИРГУПС, 2006, С.132– 136.
14. Залогова О.И. Усиление инфраструктуры Монгольской железной дороги. Депонированная рукопись № 539-В2008 27.06.2008, 7с.
15. Концепция реализации совместного российско-монгольского проекта развития АО "УБЖД" и строительства новой железнодорожной инфраструктуры в Монголии. <http://www.rzd.ru/main/public/ru/accessible>
16. Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог / ОАО «РЖД», утв.10.11.2010 г.№ 128. – М.: Техинформ, 2011. – 289 с.
17. Гильманов А. И., Залогова О.И. Увеличение массы поезда по сети железных дорог// Молодая наука Сибири : электрон. научн. журн. – 2018 - №1
18. Иванкова Л.Н., Буракова А.В. Определение пропускной способности с учетом емкости путевого развития// Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2018. –Т. 59, № 3. –С.92–98

REFERENCES

1. Vorob'ev B.M. Ugol' mira. Vol. III. Ugol' Evrazii [Coal of the world. Vol. III. Coal of Eurasia]. Moscow: Gornaya kniga Publ., 2013. 752 p.
2. Plakitkina L.S., Plakitkin Yu.A. Ugol'naya promyshlennost' mira i Rossii: analiz, tendentsii i perspektivy razvitiya [The coal industry of the world and Russia: analysis, trends and development prospects]. Moscow: Literatura Publ., 2017. 374 p.



3. Mongolian Statistical Information Service : site URL: www.1212.mn (Access date: 15.04.2019).
4. Gotov Dugerjav, Enhancing Northeast Asia and Mongolia Economic Cooperation through Developing Transport Corridors. URL: [http://www.cscap.org/uploads/docs/Related%20Research/10GenConf/7GotovDugerjav\(Mongolia\)10GC.pdf](http://www.cscap.org/uploads/docs/Related%20Research/10GenConf/7GotovDugerjav(Mongolia)10GC.pdf) (Access date: 15.04.2019).
5. Ochirbat P. Ugol'naya promyshlennost' Mongolii: sostoyanie i perspektivy razvitiya [Coal industry of Mongolia: state and development prospects]. *Zapiski Gornogo instituta [Journal of Mining Institute]*, 2017. Vol. 226. Pp. 420–427.
6. Ochirbat P., Batkhuyag S. Ugol'naya promyshlennost' Mongolii: Segodnyashnee sostoyanie i perspektivy razvitiya [Coal industry of Mongolia: Current state and development prospects]. URL: <https://docplayer.ru/32007428-Ochirbat-punsalmaagiyn-d-e-n-akademik-an-mongolii-sovetnik-professor-gornogo-institut-a-mongolskogo-universiteta-nauki-i-tehnologii-munit.html> (Access date 10.04.2019).
7. The annual report 2016, geology mining petroleum heavy industry. *Mineral resources and petro-leum authority of Mongolia*. Ulaanbaatar, 2017. 148 p.
8. Namsrai Namzhidorzh. Intensifikatsiya perevozok грузов по сети АО «Улан-Баторская железная дорога» на 2020 год [Intensification of cargo transportation through the network of JSC "Ulan-Bator Railway" for 2020]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemyi analiz. Modelirovanie [Modern Technologies. System Analysis. Modeling]*, 2018. Vol. 60, No. 4. Pp.132–138.
9. Ulziinorov Gansukh, Xu Ming, Syed Ahtsham Ali. Analysis of the Current Situation of Mongolian Railway and Its Future. *Development International Business Research*. 2018. Vol. 11, No. 5. Pp. 119–128.
10. Sereeter Jigjee. Transport challenges and opportunities for Mongolia. URL: [http://www.uncrd.or.jp/content/documents/7221Presentation%20_mrtDereeter03Octenfinal%20\(1\).pdf](http://www.uncrd.or.jp/content/documents/7221Presentation%20_mrtDereeter03Octenfinal%20(1).pdf) (Access date 10.04.2019).
11. Mongoliyu svyazhut koridorami [Mongolia will be connected by corridors]. *Gudok.ru*. 2018. Apr 10. URL: <https://www.gudok.ru/freighttrans/?ID=1410499>. (Access date 10.04.2019).
12. Bayasgalan Davaasuren Tranzitnye perevozki produktsii nefte i gazopererabotki cherez territoriyu Mongolii [Transit shipments of oil and gas processing products through the territory of Mongolia]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemyi analiz. Modelirovanie [Modern Technologies. System Analysis. Modeling]*, 2018. Vol. 58, No. 2. Pp. 64–72
13. Bayasgalan Davaasuren Obosnovanie neobkhodimosti stroitel'stva vtoroi zheleznodorozhnoi linii mezhdru Mongoliei i Kitaem [Justification of the need to build a second railway line between Mongolia and China]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemyi analiz. Modelirovanie [Modern Technologies. System Analysis. Modeling]*, 2018. Vol. 60, No. 4. Pp. 56–63
19. Zalogova O.I. Poetapnoe usilenie propusknoi sposobnosti zheleznodorozhnoi linii [Phased enhancement of the capacity of the railway line]. *Aktual'nye aspekty organizatsii raboty zheleznodorozhnogo transporta : sb. nauchn. trudov [Topical aspects of the organization of work of railway transport: Coll of research works]*. Irkutsk: IRGUPS Publ., 2006. Pp.132–136.
14. Zalogova O.I. Usilenie infrastruktury Mongol'skoi zheleznoi dorogi [Strengthening the infrastructure of the Mongolian railway]. Irkutsk, 2008. 7 p. Dep. in VINITI 27.06.2008, No. 539-V2008.
15. Kontsepsiya realizatsii sovmejnogo rossiisko-mongol'skogo proekta razvitiya AO "UBZhD" i stroitel'stva novoi zheleznodorozhnoi infrastruktury v Mongolii [The concept of implementing a joint Russian-Mongolia project for the development of UBZHD JSC and the construction of a new railway infrastructure in Mongolia]. URL: <http://www.rzd.ru/main/public/ru/accessible> (Access date: 10.04.2019).
16. Instruksiya po raschetu nalichnoi propusknoi sposobnosti zheleznykh dorog : utv. OAO «RZhD» ot 10.11.2010. No. 128 [Instructions for calculating the cash capacity of railways: approved. Russian Railways OJSC dated 10.11.2010. No. 128]. Moscow: Tekhinform Publ., 2011. 289 p.
17. Gil'manov A. I., Zalogova O.I. Uvelichenie massy poezda po seti zheleznykh dorog [The increase in the weight of the train in the railway network]. *Molodaya nauka Sibiri : elektron. nauchn. zhurn. [Young Science of Siberia: an electronic scientific journal]*, 2018 No. 1. URL: http://mnv.irgups.ru/sites/default/files/articles_pdf_files/art_2_0.pdf (Access date 10.04.2019).
18. Ivankova L.N., Burakova A.V. Opredelenie propusknoi sposobnosti s uchedom emkosti putevogo razvitiya [Determination of throughput, taking into account the capacity of the track development]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemyi analiz. Modelirovanie [Modern Technologies. System Analysis. Modeling]*, 2018. Vol. 59, No. 3. Pp. 92–98.

Информация об авторах

Authors

Залогова Ольга Ивановна – к. т. н., доцент, доцент кафедры управления эксплуатационной работой, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: oizalogova@gmail.com

Такайшвили Людмила Николаевна – к. т. н., старший научный сотрудник лаборатории «ГЭК Сибири и Дальнего Востока», Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук, г. Иркутск, e-mail: luci@isem.irk.ru

Ol'ga Ivanovna Zalogova – Ph.D. in Engineering Science, Assoc. Prof., Assoc. Prof. at the Subdepartment of Operation Management, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation, e-mail: oizalogova@gmail.com

Lyudmila Nikolaevna Takaishvili – Ph.D. in Engineering Science, Senior Researcher of the Laboratory of Fuel and Energy Complex of Siberia and the Far East, Melentiev Energy Systems Institute of the Siberian Branch of the RAS, Irkutsk, the Russian Federation, e-mail: luci@isem.irk.ru

Для цитирования

For citation

Залогова О. И. Состояние и перспективы развития транспортной инфраструктуры Монголии для экспорта угля / О. И. Залогова, Л. Н. Такайшвили // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2019. – Т. 62, № 2. – С. 177–185. – DOI: 10.26731/1813-9108.2019.2(62).177–185

Zalogova O. I., Takaishvili L. N. Sostoyanie i perspektivy razvitiya transportnoi infrastruktury Mongolii dlya eksporta uglya [State and prospects of development of transport infrastructure of Mongolia for coal export] *Sovremennye tekhnologii. Sistemyi analiz. Modelirovanie [Modern Technologies. System Analysis. Modeling]*, 2019. Vol. 62, No. 2. Pp. 177–185. DOI: 10.26731/1813-9108.2019.2(62).177–185