

УДК 004.6:656.072.67

АКТУАЛИЗАЦИЯ ПОРЯДКА РАСЧЕТА ПЛАНА ФОРМИРОВАНИЯ Поездов и УТОЧНЕНИЕ ПЕРЕЧНЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТЫ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ С УЧЕТОМ РАЗВИТИЯ ПОЛИГОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Маловецкая Е.В., Большаков Р.С.

ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения», Иркутск,
e-mail: katerina8119@mail.ru

За последнее время неоднократно поднимался вопрос увеличения транзитности вагонопотоков, который требует принятия новых технологических решений, реализуемых на созданных полигонах курсирования по принципам планирования на предстоящий период в разрезе года, месяца, суток, смены, с учетом уменьшения влияния человеческого фактора за счет логической связности выходов и входов подпроцессов, а также применения организации перевозок грузов повагонными отправками в составах многогруппных поездов, следующих на протяженных маршрутах с обменом отдельных вагонных групп на сортировочных станциях, встречающихся по пути следования, в контексте совмещенного расписания для всех станций полигонов с использованием технологий Цифровой железной дороги. В связи с этим требуется определить список основных показателей, разработанный индивидуально для каждой железной дороги сети, а также полигонов, которые будут закреплены, а по необходимости корректироваться, исходя из внешних и внутренних факторов. Необходимо отметить, что на сегодняшний день особо актуально поставлены вопросы о разработке пошаговой инструкции по принятию решений по оперативной корректировке плана формирования диспетчерским аппаратом станций и региональных дирекций с перечнем порядка действий по выработке предложений и их согласованию. Полный комплекс мероприятий по изменению структуры эксплуатационных показателей требует включения в себя построения процессных моделей производственного блока холдинга «РЖД», а также создания инновационной системы эксплуатационных показателей полигонов. Требуется в кратчайшие сроки установить перечень показателей, которые будут подвержены наблюдению и контролю в сложившихся условиях, что позволит систематизировать процесс контроля принятия решений, обеспечив его адекватной информацией.

Ключевые слова: полигоны курсирования, транзитные вагонопотоки, модели поездобразования, провозная способность, повышение норм веса на участке, параметр накопления, участковая скорость, передача вагонов по ступкам, провозная способность

NEW IS QUILTS THE PLAN OF FORMATION OF TRAINS WITH SPECIFICATION OF THE LIST OF INDICATORS OF OPERATIONAL WORK ON THE BASIS OF IMITATING MODELLING

Malovetskaya E.V., Bolshakov R.S.

Irkutsk State Transport University (IrGUPS), Irkutsk, e-mail: katerina8119@mail.ru

Lately the question of increase in speed of following of traffic volumes without processing which requires the new technology solutions realized on the created grounds of running by the principles of scheduling for the forthcoming period in a section of year, month, day, changes taking into account decrease of influence of a human factor due to the logical connectivity of exits and entrances of subprocesses and also application of a system of transportations in group trains on the long routes with replacement of groups of cars at way stations in the course of the schedule united on all stations of a railway system with use of technologies of the Digital railroad is repeatedly brought up. In this regard it is required to define the list of indexes for a single railroad and the ground which are established and adjusted depending on external and internal factors. It should be noted that today topical issues about development of the instruction of a decision making for expeditious updating of the plan of formation by the dispatching office of the stations and regional directorates with the list of an operations procedure. It is necessary to define in the nearest future a set of indicators which are subject to monitoring and monitoring in new conditions and allow to provide decision-making process with adequate and sufficient information.

Keywords: grounds of running, transit traffic volumes, model of drawing up trains, carrying ability, increase in standards of weight on the site, the accumulation parameter, local speed, transfer of cars on knocks, carrying ability

Новые условия работы на рынке железнодорожных перевозок, множественность операторов подвижного состава, продолжающаяся структурная реформа приводят к поискам новых решений эффективной организации перевозочного процесса. Как один из вариантов – применение объединения дорог до полигонов, позволяющих ускорить движение вагонопотоков по сети.

Провозная способность всего полигона в целом напрямую зависит от числа ограничивающих участков в независимости от рода этих ограничений (технические, технологические, организационные). Так, появление любой проблемной ситуации на Дальнем Востоке, Забайкальской или Восточно-Сибирской железной дороге достаточно быстро затронет также соседние

магистрала. Поэтому предоставление всем подразделениям необходимых ресурсов в самом широком понимании этого термина должно стать главным требованием.

Остановимся более детально на Восточном полигоне, самом передовом на всей сети.

Эксплуатационная длина железных дорог Восточного полигона составляет 17207 км, в том числе длина электрифицированных линий – 9196 км (53,4%). Доля двухпутных линий – 7525 км (43,7%). Основные направления оборудованы автоматической блокировкой – 12144 км (70,6%). Полуавтоматической блокировкой оборудовано 29,4% линий. Диспетчерской централизацией оборудовано 9669 км (56,2%). На полигоне имеется 810 железнодорожных станций, в том числе 8 сортировочных, 6 пассажирских, 58 участковых, 109 грузовых, 629 промежуточных.

На полигоне имеется 15 эксплуатационных вагонных депо. Плечи гарантийного проследования грузовых вагонов составляют до 1300–1400 км. На полигоне функционируют 4 центра управления содержанием инфраструктуры (ЦУСИ).

Перевозочная работа на Восточном полигоне характеризуется постоянным увеличением грузооборота со следованием основного потока грузов в морские торговые порты Восточный, Находка, Ванино, Владивосток, Посьет. Увеличиваются размеры передачи грузов через погранпереходы. Имеет место высокий уровень заполнения наличной пропускной способности участков.

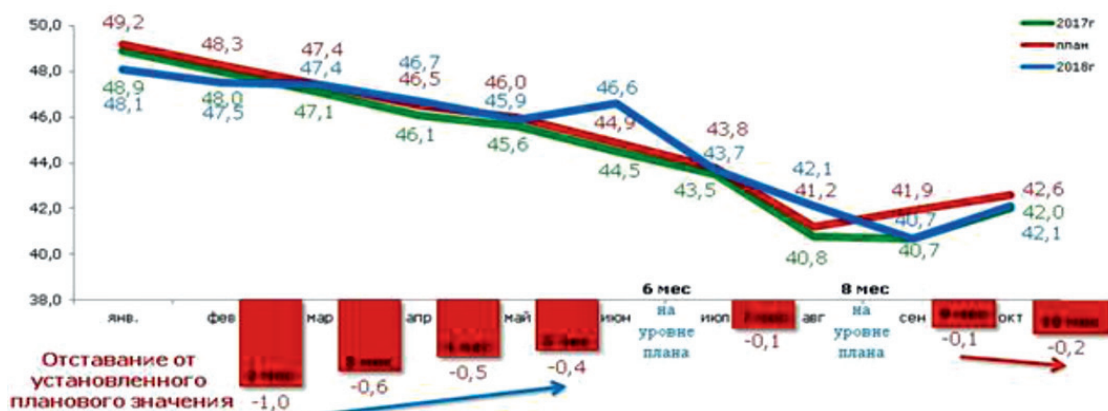
Предусматривается дальнейший рост объемов погрузки в порты Дальнего Востока с увеличением грузопотока по Транссибу и БАМу на 30% в перспективе до 2020 г.

Обеспечение подразделений ресурсами необходимо подкрепить реализацией соответствующих технологически достаточных организационных построений в границах Восточного полигона. В виде примера можно рассмотреть работу энергетического тягового хозяйства, как основному стимулирующего фактора к дальнейшему повышению транзитного потенциала Транссиба [1].

Например, на перегонах Ния – Небель и Небель – Киренга из-за проблем с системой энергоснабжения одновременно может находиться только один тяжеловесный поезд. Из-за недостаточного путевого развития промежуточных станций направления Лена – Хани возникают затруднения с обгоном и скрещением поездов, следующих в пакете. Следовательно, первоначально необходимо провести ряд комплексных мероприятий, по увеличению мощности железнодорожного направления.

Дальнейшая система пропуска тяжеловесных поездов, имеющих повышенную длину, в больших количествах, будет реализована после снятия ограничений инфраструктуры, в первую очередь по устройствам тягового электроснабжения и контактной сети.

Все последующие инвестиции должны быть поддержаны и доказаны с научной точки зрения и поддержаны эффективными технологиями организации движения грузов от мест погрузки до конечных пунктов. Необходимо также отметить факт снижения участковой скорости и производительности локомотива в текущем году на Восточном полигоне, и это имеет объективное обоснование. На рисунке показана динамика выполнения участковой скорости в 2018 г.



Динамика выполнения участковой скорости в 2018 г. на Восточном полигоне

По итогам работы за 2 месяца текущего года отставание по участковой скорости от установленного норматива составляло 1,0 км/час, начиная с марта дорогой при серьезном росте объема перевозок, в условиях максимальной нагрузки по количеству пропускаемых поездов в период летней путевой компании было обеспечена устойчивая динамика на сокращение потерь и по итогам работы за 8 месяцев дорога вошла в план [2].

Последние два месяца (сентябрь и октябрь) привели к снижению скорости продвижения поездопотока. Необходимо отметить, что по состоянию на 20 сентября текущего года дорога выполняла плановое задание по участковой скорости на 100,4% (при плане 45,4 км/час, факт – 45,6 км/час, +0,2 км/час), а отставание по производительности локомотива составляло 24 тыс. ткм брутто (план – 2359 тыс. ткм брутто, факт – 2335 тыс. ткм брутто).

Серьезные проблемы, объективно повлиявшие на продвижение поездопотока и выполнение показателей, начались в сентябре текущего года в период проведения длительных закрытий на перегонах Забитуй – Черемхово и Танхой – Переемная, а также при ликвидации последствий сходов подвижного состава на перегонах Слюдянка-2 – Ангасолка Восточно-Сибирской железной дороги и Кузнга – Приисковая Забайкальской железной дороги.

В результате было замедлено продвижение поездопотока, особенно на участке Черемхово – Иркутск, что стало причиной существенного снижения пропускной и перерабатывающей способности станции Иркутск-Сортировочный и, как следствие, накопления на участке более 30 разборочных поездов и роста наличия транзитного поездопотока на всех диспетчерских участках дороги. На 30 сентября общее наличие на ВСЖД – 73438 вагонов, в том числе транзитный парк – 26091 вагон при плане 19150 ваг (+6941 вагон). На 6 октября на дороге наличие вагонного парка – более 74,5 тыс. вагонов, что выше уровня прошлого года более чем на 6670 вагонов, из них транзитная часть – 25 тысяч вагонов, выше плана и уровня прошлого года более чем на 6 тысяч вагонов.

Кроме того, необеспечение передачи поездов по внешним стыкам дороги привело к завышению парка вагонов (особенно транзитных), массовым сменам локомотивных бригад на линии и соответствующему дефициту локомотивных бригад на узловых станциях.

С 2010 г. ОАО «РЖД» осуществляет политику, которая направлена на увеличения массы поезда и использование тяжеловес-

ных поездов при осуществлении грузовых перевозок. В 2015 г. компания представила программу по развитию тяжеловесного движения поездов до 2020 г. В ней ставится целью наращивание количества тяжеловесных поездов на линии и внедрение на различные направления поездов, имеющих массу 9 тыс. т.

С 2011 г. прирост средней массы грузового вагона составил около 4%, а количество тяжеловесных поездов было увеличено на различных магистралях. Например, на Южно-Уральской железной дороге, за 6 месяцев в 2018 г. было пропущено 49 тыс. поездов, что на 20% больше результатов в 2017 г. При серьезном росте объемов поездопотока, в условиях критического наличия вагонного парка на дороге, дополнительно показателям в октябре 2018 г. нанесен урон издержками в пропуске поездов ввиду действия предупреждений по ограничению скоростей движения при допущенных отказах технических средств.

В октябре текущего года по дороге выдано 3573 ограничения скорости протяженностью 1587,5 км, что ниже уровня прошлого года на 459 штук и по протяженности на 1180,4 км (2017 г. – 4032 шт. на 2767,9 км). При всем вышесказанном дорога ни одни сутки не отработала без отказов в работе технических средств. Время задержек поездов составило более 10 ч, причем это без учета издержек в пропуске поездов ввиду последствий отказов и задержек поездов по удалению на прилегающих участках.

Всего за 10 месяцев 2018 г. по дороге выдано 37024 предупреждения по ограничению скорости грузовых поездов на 29620,7 км, что выше аналогичного периода 2017 г. на 3168 ограничений и 5805,6 км.

Невыполнение участковой и технической скоростей в конце сентября и в октябре текущего года, увеличение времени простоя локомотивов на промежуточных станциях (в среднем в сутки на 94 ч к уровню прошлого года) и завышение времени по прибытию и отправлению с основных технологических станций дороги, превышение среднесуточного нормативного времени нахождения поезда на перегоне (+123 ч) и простоя локомотивов у запрещающих сигналов (+183 ч), привело к невыполнению среднесуточного пробега локомотива.

Таким образом, при расчете показателей в конструктивных единицах локомотивы, работающие по СМЕ, учитываются раздельно как самостоятельные локомотивы на общих основаниях, снижая производительность локомотива [3].

Если объективно говорить про железнодорожную отрасль, то надо признать, что на

сегодняшний день возможности увеличения транзитности вагонопотоков исчерпаны и необходимы новые, организационные мероприятия, подкрепленные информационной составляющей. Целью исследования является разработка методов корректировки графиков движения при оперативном (сменном-суточном планировании) одновременно на всех диспетчерских участках сети дорог на основе имитационного моделирования межвидового взаимодействия. Как один из вариантов – переход на организацию движения грузовых поездов по расписанию. При организации движения грузовых поездов по расписанию основными формами могут стать участково-групповые поезда (включая три-четыре подобранные группы) и регулярные технические маршруты.

Для возможности реализации в масштабах полигонов группового движения грузовых поездов необходимо предварительное плановое накопление подобранных групп вагонов на тех станциях, где планируется их формирование.

При этом хотелось бы отметить, что реализация движения грузовых поездов по расписанию, применяемая в масштабах полигонов, даст возможность повышения среднего веса поезда на участке порядка 5–10% при проведении ряда мер:

- обязательной организации движения поездов с повышенной нормой веса по специально выделенным «ниткам» графика;

- реализацией окончания формирования и дальнейшей обработки на коротких путях;
- перехода от одnogруппного формирования к групповому;

- организации развоза местного груза с возможностью прицепки вагонов к транзитным поездам при условии сохранения всех технологических времен на обработку и норм веса и длины на участке;

- проведение автоматического расчета процесса формирования поездов с использованием системы резервирования вагономест в составах поездов с оперативным наложением незаполненных «ниток».

При этом имеющиеся автоматизированные средства должны обеспечить разработку эффективного и надежного графика движения поездов, при котором осуществляется автоматизированный расчет показателей надежности системы движения грузовых поездов по расписанию [4]. Использование технологии работы по организации движения грузовых поездов по расписанию приводит к тому, что необходимо рассматривать взаимодействие многих транспортных процессов, как единый механизм, не допускающий отклонений каких-либо составляющих подпроцессов, а имен-

но, разработку графика движения грузовых поездов совместно с увязкой вагонопотоков и учетом логистических схем продвижения грузовых потоков при эффективных сочетаниях нормативных и технологических решений. На железнодорожном транспорте также имеются типовые модели управления, которые позволяют оптимизировать перевозочный процесс в части, касающейся эксплуатационной работы.

Материалы и методы исследования

Вопросы организации вагонопотоков в поездах могут быть рассмотрены и реализованы различными методами, но наиболее широкое распространение получили два:

- методом моделирования последовательности интервалов между моментами окончания накопления составов на путях парка станции с использованием функции распределения;

- методом моделирования разложения расформировываемых составов, поступающих на станцию в переработку.

В первом методе процесс образования поездов как таковой отсутствует, поэтому в рассматриваемой модели реализован второй способ. Как известно из практики, большинство процессов, происходящих на железнодорожном транспорте, носят случайный характер. Поэтому сформированная модель должна отражать характер взаимодействия всех элементов с учетом случайных факторов. При этом текущее значение величин отдельных групп вагонов, согласно [5], определяется по формуле

$$m'_{гр} = m_{cpi} \left[\ln F(m'_{гр}) \right], \quad (1)$$

$$F(m'_{гр}) = Z_i, \quad (2)$$

где Z_i – случайное распределенное число из совокупности случайных чисел, равномерно распределенных в интервале от 0 до +1;

m_{cpi} – средняя величина группы вагонов i назначения, равная [4]:

$$m_{cp} = Ni/n_{np} = (19 - 0,1k_{наз})\sqrt{N_i/0,4n_{пер}}, \quad (3)$$

где Ni – рассматриваемый вагонопоток i назначения; $k_{наз}$ – общее количество назначений согласно плану формирования поездов;

n – общее число поездов, прибывающих в расформирование в расчетный период.

Все посуточные колебания поездопотоков, а также внутрисуточная неравномерность, как показал ряд исследований [5, 6], описываются нормальным законом распределения. В процессе моделирования расформирования поездов новые расчетные параметры имитируются на очередные сутки. При этом текущее значение получается с применением случайного числа Z_i , а также интегральной функции распределения

$$N = N_{cp} + kvN_{cp}(\sum Z_i - 3), \quad (4)$$

N_{cp} – среднесуточное число поездов, которые расформировываются на станции;

kv – текущий коэффициент вариации.

По итогам процесса моделирования был составлен алгоритм формирования различных категорий групповых поездов. В процессе накопления вагонов

и по итогам его завершения подсчитываются следующие величины для каждого назначения плана формирования:

- общий параметр накопления составов – c ;
- количество накопившихся составов $\Sigma N_{\text{накл}}$;
- время накопления составов $\Sigma T_{\text{накл}}$;
- вагоно-часы накопления $\Sigma B_{\text{накл}}$.

Результаты исследования и их обсуждение

По итогам ряда экспериментов были получены уравнения регрессии для кодированных значений отдельных факторов. Полученная адекватная линейная модель имеет вид полинома первой степени. По установленным коэффициентам взаимодействия b_{ij} была определена степень влияния каждого фактора на параметр оптимизации:

$$c(x_1, x_2, x_3) = 13,973 - 0,36x_1 - 0,3925x_2 + 0,9075x_3 - 0,1475x_1x_2 - 0,5075x_1x_3 + 0,32x_2x_3 - 1,005x_1x_2x_3 - \text{ для групповых поездов с нефиксированной величиной групп и прикрепленных к расписанию};$$

$$c(x_1, x_2, x_3) = 17,356 + 0,0238x_1 + 0,836x_2 - 0,2862x_3 + 1,538x_1x_2 - 0,624x_1x_3 + 1,084x_2x_3 - 0,2887x_1x_2x_3 - \text{ для групповых поездов с фиксированной величиной групп и прикрепленных к расписанию};$$

с фиксированной величиной групп и прикрепленных к расписанию.

где x_1 – фактор, характеризующий изменение доли поездов, в составе которых есть данное назначение;

x_2 – фактор, характеризующий изменение величины группы;

x_3 – фактор, характеризующий интервал прибытия поездов.

Помимо уравнений регрессии для кодированных значений факторов были также получены уравнения регрессии для натуральных значений. При переходе к натуральным значениям переменных коэффициенты регрессии изменяются, и уравнения примут вид

$$c(s, g, I) = 12,344 - 1,3113s - 0,548g + 0,0751I + 1,39625sg - 0,004sI + 0,0177gI - 0,049sgI - \text{ для групповых поездов с нефиксированной величиной групп и прикрепленных к расписанию};$$

$$c(s, g, I) = 18,377 + 3,322s - 0,593g - 0,0108I + 1,194sg + 0,2350sI + 0,01486gI - 0,0145sgI - \text{ для групповых поездов с фиксированной величиной групп и прикрепленных к расписанию};$$

Расчетные уточненные формулы для определения суточной затраты вагоно-часов при групповом формировании

Станция	Операции	Групповые поезда		
		$N_c = N_d$	$N_c > N_d$	
Головная формирования А	Накопление (свободное расписание)	$c(s, g)m$	$c(s, g)m$	
	Накопление (фиксированное расписание)	$c(s, g)m \left(2 - \frac{1}{\alpha_{\text{воз}} \beta n_{\text{гр}}} \right)$	$c(s, g)m \left[2 + \frac{(1 + \gamma)(1 - \alpha_{\text{воз}})\beta}{\gamma \alpha_{\text{воз}}} \right]$	
	Дополнительные маневры по соединению групп	$n_{\text{гр}} m \Delta T_{\text{ф}}$	$n_{\text{гр}} m \Delta T_{\text{ф}}$	
Обмена групп Б	Накопление и ожидание расписания	$1,1c(s, g)m\beta$	$c(s, g)m \left[1 + \frac{\beta(1 + \gamma - \alpha_{\text{воз}})}{\gamma \alpha_{\text{воз}}} \right]$	
	Расформирование и формирование	Станции с последовательным расположением парков	$\frac{n_{\text{гр}} \beta m}{60} (13,44 + 0,48\beta m)$	$[(13,44 + 0,48\beta m) + (\alpha_{\text{воз}} - 1)(9,72 + 0,031m)] \frac{n_{\text{гр}} \beta m}{60}$
		Станции с параллельным расположением парков	$\frac{n_{\text{гр}} \beta m}{60} (13,56 + 0,6\beta m)$	$[(13,56 + 0,6\beta m) + (\alpha_{\text{воз}} - 1)(9,78 + 0,09m)] \frac{n_{\text{гр}} \beta m}{60}$
		Переработка	–	–
		Дополнительная стоянка транзитных поездов	$N_{\text{гр}} \Delta T_{\text{гр}}$	$N_{\text{гр}} \Delta T_{\text{гр}}$

По результатам проведенных экспериментов получены зависимости параметров накопления $c(\gamma, g, l)$ и ожидания $c1(l, g, M)$.

Здесь s – доля поездов, в составе которых есть данное назначение;

g – величина группы;

l – интервал поступления вагонов на пути сортировочного парка.

По итогам проводимого эксперимента был установлен ряд зависимостей, позволивший определить поправочные коэффициенты, которые могут быть применены при расчете затрат вагоно-часов и локомотиво-часов при групповом формировании (таблица), с помощью которых можно проводить оперативную корректировку плана формирования поездов.

Применение данных коэффициентов и формул позволит оперативно корректировать план формирования поездов. Необходимо отметить, что на сегодняшний день особо актуально поставлены вопросы о разработке пошаговой инструкции по принятию решений по оперативной корректировке плана формирования диспетчерским аппаратом станций и региональных дирекций с перечнем порядка действий по выработке предложений и их согласованию, периодичность и пр. Также необходимо сказать о важности соблюдения баланса в загрузке всей инфраструктуры в целом, а не отдельных полигонов [7].

Выводы

На сегодняшний день остро стоит задача эффективного управления парками вагонов на полигонах. Исходя из всего вышеперечисленного, хотелось бы отметить, что в новых сложившихся условиях работы необходимо провести анализ и выявить перечень показателей, значение которых может корректироваться в зависимости от поездной обстановки на рассматриваемый период, для каждой из дорог и полигонов [8]. С учетом работы полигонов необходимо рассмотреть перечень следующих основных показателей:

– нормы выполнения графика движения поездов;

– пробег локомотива;

– степень отказов технических средств;

– общий вагонный парк.

Также принять ряд мер:

– организовать работу по перераспределению локомотивных бригад между структурными подразделениями;

– установить задание и обеспечить контроль за следованием локомотивных бригад на удлиненных плечах обслуживания;

– организовать пополнение поездов на участковых станциях для повышения со-

ставности поездов, в том числе передаваемых по стыкам дорог;

– обеспечить мониторинг простоя локомотивов с простоем более 30 минут от прибытия до сдачи локомотивной бригады по трем часовым периодам работниками сменного аппарата ДЦУП с принятием оперативных мер по исключению простоя;

– установить контроль за простоем поездов на промежуточных станциях более 20 мин. Для исключения задержек поездов на поездо-участках под пропуск пассажирских пригородных поездов и т.д., обеспечить наличие поездов на участках по 3-часовым периодам согласно нормативному графику;

– обеспечить выполнение норм времени по прицепке/отцепке локомотивов-толкачей на горно-перевальном участке.

Дополнительно для обеспечения установленных параметров необходимо:

– дирекциям тяги обеспечить потребную заставку локомотивных бригад в грузовом движении, для Восточного полигона;

– обеспечить содержание эксплуатируемого парка локомотивов;

– организовать выполнение оборота локомотива на станциях не более 5 ч;

– обеспечить развоз местного груза в первую половину суток не менее 60 %;

– обеспечить снижение количества отказов технических средств. Выработать мероприятия, обеспечивающие безаварийную работу технических средств и стабилизацию эксплуатационной работы дороги. Комплекс перечисленных показателей достаточно емко характеризует перевозочный процесс, организованный в новых условиях работы на полигонах, и отражает рыночные требования в работе основного перевозчика ОАО «РЖД», однако их применение требует дальнейших исследований, обоснований и дополнений.

Полный комплекс мероприятий, направленный на улучшение качества работы полигонов, должен включать пересмотр показателей эксплуатационной работы, выявление как актуальных, так и утративших актуальность с последующей разработкой системы нормирования показателей эксплуатационной работы с переходом на экстерриториальные полигонные принципы (взамен территориальных в границах железных дорог), с учетом динамических транспортных схем обращения вагонов компаний-операторов, логистики грузоотправителей, равномерного размещения парков на сети дорог.

Список литературы

1. Шенфельд К.П. Развитие системы качественных показателей перевозочного процесса в условиях структурной

реформы железнодорожного транспорта // Инновационные факторы развития Транссиба на современном этапе: сборник материалов. Часть 2. Новосибирск: СГУПС, 2013. С. 151–153.

2. Белозеров О.В. Доклад генерального директора председателя правления открытого акционерного общества «Российские железные дороги» О.В. Белозерова на расширенном итоговом заседании правления ОАО РЖД // Железнодорожный транспорт. 2018. № 1. С. 4–10.

3. Шенфельд К.П. Скорость на рейсе вагона – комплексный показатель качества перевозочного процесса // Железнодорожный транспорт. 2012. № 28. С. 20–23.

4. Инструкция по разработке графика движения поездов в ОАО «РЖД»: [инстр.: утв. Распоряжением ОАО «РЖД» 27 дек. 2006 г.: по состоянию на 27 дек. 2006 г.]. М.: ОАО «РЖД», 2006. 62 с.

5. Сотников, Е.А., Шенфельд, К.П. Неравномерность грузовых перевозок в современных условиях и ее влияние на потребную пропускную способность участков // Вестник ВНИИЖТ. 2011. № 5. С. 3–9.

6. Кобзев С.А., Шаров В.А. О резервах производственных мощностей в условиях множественности операторов подвижного состава // Железнодорожный транспорт. 2013. № 8. С. 16–22.

7. Абуладзе Л.В., Биченов А.Г., Телия Г.Ш., Месхидзе З.Д. Интенсификация переработки групповых вагонопотоков // Железнодорожный транспорт. 1990. № 7. С. 13–16.

8. Шаров В.А. Новые риски при реализации единого интегрированного планирования на железнодорожном транспорте общего пользования // Наука и техника транспорта. 2016. № 2. С. 87–93.9.