

БЕЗОПАСНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

УДК 629.4.014.76.004.67

В. И. СЕНЬКО, доктор технических наук, Е. П. ГУРСКИЙ, кандидат технических наук, А. А. МИХАЛЬЧЕНКО, кандидат технических наук, доцент, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ПЛАНИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ МОЩНОСТИ ВАГОНРЕМОНТНОЙ БАЗЫ

Рассмотрены актуальные вопросы совершенствования системы планирования инновационного развития производственной мощности вагоноремонтной базы на железнодорожном транспорте Республики Беларусь, основные виды деятельности вагонного хозяйства и пути развития её мощности. Приведены данные о техническом состоянии вагонного парка, сроках и периодичности проведения плановых видов ремонта. Описана методика расчета потребности в ремонте. Выполнена корректировка потребности в ремонте грузовых вагонов и производственная мощность вагоноремонтной базы.

Одним из основных направлений деятельности подразделений вагонного хозяйства является планирование и организация качественного выполнения плановых видов ремонта грузовых вагонов и контейнеров инвентарного парка Белорусской железной дороги, а также прогнозирование ремонта вагонов собственности других организаций и железнодорожных администраций иностранных государств. Комплексный анализ основных видов деятельности вагонного хозяйства свидетельствует о том, что эта важная задача на средне- и долгосрочную перспективу остается нерешенной. Свяzano это в первую очередь с тем, что классические методики, определяющие потребность в плановых ремонтах в существующей системе неэффективны, к тому же условия функционирования самой системы с течением времени изменяются. При этом на первый план выходит инновационное развитие вагоноремонтной базы на Белорусской железной дороге с созданием современного комплекса технической эксплуатации грузовых вагонов.

Служба вагонного хозяйства является структурным подразделением Белорусской железной дороги. Основные виды её деятельности:

- технический и оперативный контроль работы вагонного хозяйства Белорусской железной дороги, в состав которого входят вагонные депо и промывочно-пропарочные станции;
- техническое и оперативное руководство обеспечением плановых видов ремонта грузовых вагонов и контейнеров на основе использования достижений науки, новых технологий и передового опыта;
- планирование и организация качественного выполнения плановых видов ремонта грузовых вагонов и контейнеров инвентарного парка Белорусской железной дороги, а также прогнозирование ремонта вагонов собственности других организаций;
- обеспечение технического обслуживания грузовых и пассажирских поездов в пунктах технического обслуживания (ПТО);
- обеспечение текущего отцепочного ремонта вагонов и подготовки вагонов под погрузку, в том числе цистерн на промывочно-пропарочных станциях (ППС);
- контроль технического состояния вагонного парка

и организация работ по продлению срока службы и выполнения модернизации грузовых вагонов;

- разработка и реализация мероприятий по обеспечению безопасности движения поездов;
- участие в организации проектов вагоностроения и освоении выпуска продукции;
- контроль выполнения мероприятий по рациональному использованию топливно-энергетических ресурсов и внедрению ресурсосберегающих технологий в вагонных депо, промывочно-пропарочных станциях, других подразделениях хозяйства;
- разработка и реализация мероприятий по механизации и автоматизации производственных процессов, внедрению новых технологий ремонта подвижного состава, восстановлению и изготовлению запасных частей, внедрению новых методов диагностики основных узлов и агрегатов грузовых вагонов;
- планирование и ввод в эксплуатацию приборов безопасности и средств диагностики, контролирующего техническое состояние деталей и узлов грузовых вагонов при их ремонте и эксплуатации.

Белорусская железная дорога имеет около 30 тысяч грузовых вагонов эксплуатационного парка, предназначенных для перевозки различных видов грузов. Техническое обслуживание, плановые виды ремонта всех типов грузовых вагонов железных дорог колеи 1520 мм, находящихся в собственности Белорусской железной дороги и организаций-собственников Республики Беларусь, стран СНГ и Балтии, осуществляют 12 вагонных депо (Минское, Молодеченское рефрижераторное, Оршанское, Барановичское, Волковысское, Брестское, Гомельское, Жлобинское, Осиповичское, Могилевское, Витебское, Полоцкое). Подготовку вагонов-цистерн к перевозкам выполняют пять вагонных депо. Также имеются две промывочно-пропарочные станции (Барбаров и Новополоцк) [1].

Все вагонные депо аттестованы, оснащены современным технологическим, метрологическим, диагностическим и специализированным оборудованием, необходимым для ремонта и эксплуатации вагонов, что даёт возможность осуществлять качественный ремонт вагонов, своевременно выявлять дефекты, угрожающие

безопасности движения поездов. Производственные мощности депо позволяют производить плановые виды ремонта 20500 грузовых вагонов в год, что на сегодняшний день удовлетворяет потребности в ремонте вагонов инвентарного парка железной дороги и вагонов собственности других субъектов хозяйствования Республики Беларусь. Кроме того, вагонные депо выполняют на договорных началах ремонт грузовых вагонов, находящихся в собственности стран СНГ и Балтии, – до 3 500 единиц в год. Однако с учетом развития рынка грузовых перевозок в среднем на 4–8 % в год существующих производственных мощностей вагоноремонтной базы в среднесрочной перспективе будет недостаточно.

По результатам исследований результативности основных видов деятельности вагонного хозяйства Белорусской ж. д., выполненных в БелГУТе, можно отметить, что остается нерешенной задача по планированию ремонта грузовых вагонов собственного инвентарного парка и находящихся в собственности организаций других отраслей в Республике Беларусь и иностранных государств на средне- и долгосрочную перспективу. Во-первых, это связано с тем, что классические методики определяющие потребность в плановых ремонтах вагонов в существующей системе неэффективны. При этом условия функционирования самой системы контроля за ремонтом и его планирования с течением времени изменяются. До недавнего времени грузовые вагоны со сверхнормативным сроком службы курсировали по сети железных дорог стран СНГ и Балтии без ограничения по сроку эксплуатации. Но с первого января текущего года их использование в международном сообщении стало возможным только за счет продления срока службы при выполнении ремонтов. Следует учитывать, что изменились технологические условия эксплуатации вагонов: при деповском ремонте на год уменьшен межремонтный период вагонов, а техническое обслуживание и ремонт переведены с комбинированной системы на календарную. В совокупности это значительно увеличит объем ремонтов вагонов инвентарного парка дороги на перспективу. При имеющихся производственных мощностях вагонных депо объемы ремонта вагонов собственников (нерезидентов Беларуси) снизятся. А это повлечет потери доходов на 23–28 %, которые сегодня за счет таких услуг получает Белорусская железная дорога. С учетом этого продление срока службы грузовых вагонов при их капитальном ремонте становится более предпочтительным. Однако производственные мощности вагоноремонтных предприятий (около 2 тыс. грузовых вагонов ежегодно) позволяют капитально отремонтировать лишь треть заявленных вагонов с просроченным сроком службы, которых уже в 2014 году будет насчитываться свыше 6 тысяч. Кроме того, чтобы продлить срок службы вагона, необходимо провести его техническую диагностику и получить заключение специализированных организаций. При этом для вагонов, прошедших капитальный ремонт с продлением срока службы, необходимо проводить процедуру сертификации. Тогда срок службы грузового вагона в зависимости от его технического состояния можно продлить

дополнительно на шесть лет. Учитывая все технические и экономические нюансы, необходимо иметь стратегию проведения плановых видов ремонта, определить потребную мощность вагоноремонтной базы и рациональные пути ее инновационного развития.

Прогнозирование эксплуатационных показателей работы вагонного хозяйства является одним из основных вопросов начального этапа проектирования транспортных систем, создания их генеральных схем, а также поиска наиболее эффективной технологии работы. Потребность в ремонте определяется принятыми межремонтными сроками, возрастным составом и количеством инвентарного парка вагонов. Возрастная и количественная характеристика инвентарного парка грузовых вагонов Белорусской железной дороги приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Состояние инвентарного парка грузовых вагонов

Род вагонов	Количество, ед.	Средний возраст, лет	Срок службы вагонов, лет	% износа	Вагоны с истекшим сроком службы	
					количество	%
Крытые	4504	28	32	63,6	2562	56,9
Платформы	2881	34	32	93,1	1851	64,2
Полувагоны	9000	11	22	22,3	3188	35,4
Цистерны	7893	17	32	41,7	2405	30,5
Прочие	7397	28	26	92,5	4921	66,5
ВСЕГО	31675	23,6	28,8	62,6	14927	50,7

На железных дорогах постсоветского пространства в течение всего исторического периода развития железнодорожного транспорта в основе системы технического обслуживания и ремонта вагонов (СТОИРВ) применялся критерий календарной продолжительности эксплуатации, согласно которому каждый вагон подлежал плановому виду ремонта через определенный интервал времени, исчисляемый от даты постройки или его последнего планового ремонта. Достоинство такого критерия – возможность обеспечения кратности нормативного срока службы и длительности межремонтных периодов вагона и, как следствие, простота и высокая достоверность прогнозирования вывода вагонов в ремонт, потребности их в обеспечении трудовыми, материальными и финансовыми ресурсами, что значительно упрощает планирование. При такой системе по каждому роду вагона определялись доли из них, которые ежегодно должны были пройти ремонт. В условиях ежегодного проведения планового деповского ремонта рассчитать суммарную ремонтную потребность несложно.

В настоящее время в Республике Беларусь действует дифференцированная система ремонта вагонов. Сроки проведения ремонтов полувагонов приведены в таблицах 2 и 3.

В условиях применения комбинированного критерия вывода вагонов в ремонт по календарной продолжительности эксплуатации и выполненному вагоном объему работы, выраженному в километрах пробега, планирование потребности в ремонте усложняется, и существующие методики расчета оказываются неэффективными.

Таблица 2 – Периодичность проведения деповского ремонта полувагонов

Род грузового вагона	Первый после постройки		После деповского ремонта		После капитального ремонта	
	тыс. км	лет	тыс. км	лет	тыс. км	лет
Универсальные модели 12-132-03 на тележках 18-578	500	4	160	2	160	2
Универсальные, глуходонные, с глухим кузовом	210	3	110	2	160	2
Для перевозок: окатышей и агломерата	210	3	110	2	160	2
битума	210	3	110	2	160	2
кокса	210	3	110	2	160	2
сыпучих металлургических грузов	210	3	110	2	160	2
технологической щепы	210	3	110	3	160	3
торфа	210	3	110	3	160	3
Думпкары	210	3	110	2	160	2
Хоппер-дозаторы	210	3	110	3	160	3

Таблица 3 – Периодичность проведения капитального ремонта полувагонов В годах

Род грузового вагона	Нормативный срок службы	После постройки	После капитального ремонта
Постройки до 1985 г.	22	–	8
Постройки с 1985 г.	22	11	–
Для перевозки: окатышей и агломерата	15	4	4
битума	30	5	5
кокса	15	4	4
сыпучих металлургических грузов	20	5	5
технологической щепы	22	11	–
торфа	22	11	–
глинозема с разгрузочными бункерами	25	10	10
Думпкары	22	10	7
Хоппер-дозаторы	25	10	8
В т. ч. для перевозки: ядохимикатов, бензола	24	6	6
метанола	24	10	8
цемента	28	10	10
тяжелых порошкообразных грузов	24	6	6

Предлагаемая методика предусматривает, что для расчета потребности в количестве ремонтов грузовых вагонов, которая определяется принятыми межремонтными сроками, возрастным составом и численностью инвентарного парка вагонов, применяются следующие зависимости [3, 4]:

$$N_{\text{деп.}i} = N_i z_{\text{деп.}i}; \quad (1)$$

$$N_{\text{кап.}i} = N_i z_{\text{кап.}i}, \quad (2)$$

где N_i – инвентарный парк вагонов; $z_{\text{деп.}i}$, $z_{\text{кап.}i}$ – коэффициент потребности вагонов инвентарного парка в деповском и капитальном ремонтах соответственно,

$$z_{\text{деп.}i} = \frac{n_k S_{\text{ср.}i}}{[nl]_i}, \quad (3)$$

$$z_{\text{кап.}i} = \frac{\alpha_{i-1}}{T_{\text{сл}}} + \frac{\gamma_i}{T_{\text{сл}}}, \quad (4)$$

n_k – количество дней в году; $S_{\text{ср.}i}$ – среднесуточный пробег i -го типа вагона, км; $[nl]_i$ – нормативный межремонтный пробег i -го типа вагонов, км; α_i – общее количество межремонтных циклов за период, равный сроку службы вагона i -го типа; $T_{\text{сл}}$ – нормативный срок службы вагона i -го типа; γ_i – доля вагонов i -го типа со сверхнормативным сроком службы;

С учетом того, что межремонтный норматив определяется не только пробегом, но и календарной продолжительностью, формулу 3 можно записать следующим образом:

$$Z_{\text{деп.}i} = \frac{n_k S_{\text{ср.}i}}{[nl]_i} K_i, \quad (5)$$

где K_i – коэффициент, учитывающий наработку на отказ i -го типа вагонов, $K_i > 1$.

При этом необходимо учесть, что описанные ранее изменившиеся условия СТОИРВ при продлении срока службы грузовых вагонов увеличат долю деповского ремонта, для расчета прироста программы ремонта можно использовать классические методы.

По результатам исследований, выполненных авторами [2], имеется возможность скорректировать потребность в ремонте грузовых вагонов. Например, для полувагонов программа ремонта увеличится в текущем году на 1500 единиц, а в целом по парку – от 4000 единиц в текущем до 8000 единиц в ближайшие пять лет. Тогда потребная производственная мощность вагоноремонтной базы Белорусской железной дороги на перспективу также должна быть скорректирована в сторону увеличения, и ее прирост к 2020 году должен быть не менее 10000 единиц.

Большое значение в современных условиях имеет создание новой технологической базы ремонта грузовых вагонов, обеспечивающей инновационные технические характеристики подвижного состава. К ним относятся: установка новых тележек, обеспечивающих увеличение межремонтного пробега вагонов от 160 до 250 тыс. км, тормозного оборудования, обеспечивающего эффективное торможение подвижного состава, следующего на более высокой, чем ранее принято, скорости – 100–120 км/ч (при выполнении контрейлерных перевозок – 140 км/ч); выполнение кузовных работ с минимальным использованием ручного труда. При этом рассматриваются требования по обеспечению выполнения технического регламента по критериям безопасности и качества исполнения грузовых перевозок (более высокая осевая нагрузка на ось вагона, выполнение скоростного режима движения поезда, минимизации потери груза при перевозке, безопасность движения грузового поезда с установленной скоростью, возможность использования вагона в тяжеловесных и длиннооставных поездах).

Решение рассматриваемой задачи может иметь оптимальное значение с учетом использования систем неравенств, применяемых в теории управления. При этом выходные параметры вагоноремонтной базы оптимизируются при решении задачи

$$y'_i \leq t_j, j \in [1; N], \quad (6)$$

которая может быть сформулирована как оптимизационная:

$$Y(x) = v^{-1} \sum_{k=1}^n \exp[-v z_k(x)], v=1, 2, 3, \dots, \quad (7)$$

где $z_k(x)$ отражает k -й запас в выполнении неравенства (6). На основании (7) образуется зависимость

$$\frac{\partial J}{\partial x_i} = - \sum_{k=1}^n \exp[-v z_k(x)] \frac{\partial z_k(x)}{\partial x_i}; \quad (8)$$

$$\frac{\partial^2 J}{\partial x_i \partial x_j} = \sum_{k=1}^n \exp[-v z_k(x)] \frac{\partial z_k}{\partial x_i} \frac{\partial z_k}{\partial x_j} v - \frac{\partial^2 z_k}{\partial x_i \partial x_j}. \quad (9)$$

В целях освоения программы ремонта грузовых вагонов в объеме до 10000 единиц решение вопроса связано с оптимальным управлением технологическим процессом серийного выпуска отремонтированного подвижного состава, т.е.

$$Y(x) = P\{y(x, \xi_{вд}) \leq t\} \rightarrow \max, \quad (10)$$

где $\xi_{вд}$ – параметр внешнего воздействия (управления) производственными мощностями вагоноремонтной базы железнодорожного транспорта страны имеет как случайный, так и плановый характер. При этом использование такого параметра при определении параметров управления вагоноремонтной базой связано с влиянием следующих характерных явлений:

- случайных отклонений при установке оптимальной потребности в погрузочных ресурсах в зависимости от влияния рынка железнодорожных перевозок грузов;

- случайных воздействий внешней среды на объекты вагоноремонтной базы, изменяющие реальные выходные характеристики, связанные с потребностью в ремонтах вагонов, техническим регламентом эксплуатации вагонов (величина межремонтных пробегов) по отношению к расчетным параметрам;

- изменяющихся, как правило, не случайным, а предварительно известным образом (ценовой параметр, политический аспект, изменение объемов перевозок и количественного приобретения новых вагонов), а также условий функционирования объектов вагоноремонтной базы.

Если рассматривать серийное производство ремонтов вагонов с учетом максимизации инновационной составляющей, то при определении средних значений управляющих воздействий на сам процесс позволит сохранять управляемость им и критерий (10) можно представить в виде

$$Y_k = \int \dots \int F_k(\xi_k) \varphi(x_k, \xi_k) d\xi_k, \quad (11)$$

Получено 14.02.2014

W. I. Senjko, E. P. Gurskiy, A. A. Mikhalchenka. Innovative development planning production capacity of wagon repair facility.

The most important items to improve the system of planning innovative development of production facilities of wagon repair facility rail transport of Belarus. The main activities of car facilities and the development of its power. The data on the technical condition of the rolling stock, the timing and frequency of planned repairs. Describes the method of calculation needs to be repaired. Made adjustments need to repair freight cars and the production capacity of wagon repair facility.

где $F_k(\xi_k)$ – калибровочная функция, определяющая условия работоспособности вагоноремонтной базы при любых условиях внешнего воздействия и управления.

С решением путем многомерного распределения

$$Y_k = \int \dots \int F_k(\xi_k) \varphi(x_k, \xi_k) d\xi_k, \quad (12)$$

где функция $F_k(\xi_k)$ практически не зависит от внешних условий по отношению к железной дороге, но при реализации условия (12) задача инновационного развития вагоноремонтной базы может быть реализована с минимальным привлечением дополнительных финансовых затрат железной дороги.

Выводы:

1 Полученные результаты позволяют обосновать затраты на содержание и развитие инфраструктуры, обеспечивающей ремонт вагонного парка, капитальные вложения в реконструкцию и проектирование новых отраслевых подразделений, выполнение своевременного и качественного ремонта вагонов.

2 Предусматривается инновационное развитие производственной мощности вагоноремонтной базы, которое основывается на использовании новых технологий проведения ремонтов, новых материалов и комплектующих изделий и узлов, что позволит увеличить пробег грузовых вагонов между ремонтами от 106 до 250 тыс. км.

3 С учетом использования предлагаемых теоретических основ могут выполняться расчеты корректировок как вагоноремонтной базы, так и программы ремонтов, связанной с изменением технического регламента эксплуатации вагонов грузового парка в границах ЕЭП (России, Казахстана и Беларуси).

Список литературы

- 1 Служба вагонного хозяйства / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.belzhd.db.by/corporate/structure/management/sluzhba_vagonnogo_hozhajstva/. – Дата доступа: 03.02.2014.
- 2 **Сенько, В. И.** Расчет и обоснование потребности в ремонте грузовых вагонов инвентарного парка / В. И. Сенько, Е. П. Гурский // Вестник БелГУТа : Наука и транспорт. – 2010. – № 1 (20). – С. 22–26.
- 3 **Михальченко, А. А.** Инвестирование в подвижной состав и развитие технических устройств в условиях ограниченных ресурсов железной дороги / А. А. Михальченко // Материалы научно-методической конференции «Проблемы оценки эффективности инвестиций и инноваций на железнодорожном транспорте». – СПб. : ПГУПС, 2001. – С. 23–25.
- 4 **Михальченко, А. А.** Совершенствование управления погрузочными ресурсами в условия функционирования центра управления перевозками / А. А. Михальченко // Вестник БелГУТа : Наука и транспорт. – 2009. – № 2. – С. 12–15.