

УДК 629.472.7:658.527

МУЛЬТИФАЗНЫЙ ПОЛИКАНАЛЬНЫЙ МНОГОПРЕДМЕТНЫЙ АСИНХРОННЫЙ ПОТОК — СЛЕДУЮЩИЙ УРОВЕНЬ В ОРГАНИЗАЦИИ РЕМОНТА ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

Мямлин В. В., к. т. н., доц.,
кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство»,
Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
им. акад. В. Лазаряна

Описан принцип работы гибкого потока ремонта грузовых вагонов, учитывающий вероятностную природу вагоноремонтного производства. Показаны преимущества такого потока по сравнению с обычными поточными линиями. Сказано, что асинхронный поток может надежно функционировать за счет поликанальности позиций. Приведена укрупненная схема компоновки участков вагоноремонтного предприятия, использующего гибкий поток.

Как известно, безопасность движения поездов напрямую зависит от технического состояния подвижного состава. Последнее же, в свою очередь, зависит от качества ремонта и обслуживания вагонов. Для выполнения качественного ремонта вагонов необходимо соблюдение полного ремонтного цикла — от мойки вагонов перед ремонтом до окраски. Качество ремонта вагонов также влияет и на срок их службы.

Практически два последних десятилетия для вагонного хозяйства Украины было потеряно. Обновления производственных фондов не произошло. Несмотря на то, что в Украине имеется большое количество вагоноремонтных предприятий для ремонта грузовых вагонов (37), добрая половина из них уже морально и физически устарела. Не говоря уже про условия труда, технику безопасности и культуру производства, которые давно не отвечают требованиям сегодняшнего дня. Многие работы, способные обеспечить необходимое качество ремонта, в большинстве депо вообще не производятся — отсутствует необходимое технологическое оборудование.

В России и Белоруссии в настоящее время уже провели или проводят реконструкции депо и возобновляют индустриальные методы ремонта вагонов (Батайск, Белово, Витебск, Могилев, Жлобин, Барановичи). Украина пока отстает в плане практической реализации инновационных решений, хотя в теоретическом плане находится далеко не в числе аутсайдеров.

Поэтому, чтобы наверстать упущенное и осуществить инновационный скачок в этом направлении, необходимы активные и решительные действия. Одним из вариантов усиления вагоноремонтной базы и вывода ее на более высокий технический уровень развития могли бы стать гибкие вагоноремонтные технологии.

Как известно, часть вагонных депо в Советском Союзе со стационарного метода ремонта перешло на поточные методы ремонта вагонов. Это позволило на начальном этапе добиться роста производительности труда на 25–30%.

Среди работ, посвященных становлению индустриальных методов ремонта вагонов, можно отметить работы [1–4].

Однако потенциальные возможности этих поточных линий оказались далеко не безграничными. Эти поточные линии были довольно примитивными, имели жесткую структуру и совсем не учитывали вероятностную природу вагоноремонтного производства.

Таким образом, простой перенос классических методов эксплуатации поточно-конвейерных линий из машиностроения и приборостроения, предполагающих синхронизацию

операций на всех позициях, не позволил решить многие проблемы, возникающие при ремонте вагонов. Сбой такта на одной позиции моментально приводил к сбою всего потока. А при широком разбросе трудоемкостей ремонтных работ отклонения от установленного такта были просто неизбежны, даже притом, что вагоноремонтные предприятия были специализированы на ремонте только одного типа вагонов.

Специфика вагоноремонтного производства не позволяет обеспечивать «жесткий» такт, т. к. продолжительность выполнения различных технологических операций (даже при одном и том же типе вагонов) на разных позициях существенно отличаются друг от друга. Нет никакой связи между продолжительностями выполнения, например, правильных, сварочных, слесарных, дробеструйных, окрасочных, сушильных работ.

Основной проблемой («узким местом») жесткого и полужесткого потоков является сильная зависимость между перестановками вагонов с одной позиции на другую. И хотя во втором случае удается немного сгладить эту зависимость, суть от этого все равно не меняется. Эти потоки представляют собой многофазные одноканальные системы (вагоны движутся между позициями друг за другом по одной и той же колее), т. е. системы вытянуты в одну линию. Поэтому на практике они так и называются: «поточные линии». Считалось, что прямая железнодорожная колея, т. е. та основа, которая служит для движения вагонов в составе поезда, должна непременно фигурировать и при их ремонте.

Таким образом, принятая в свое время ориентация на жесткий поток, связанный с обязательной синхронизацией времени выполнения ремонтных работ на позициях, не оправдала надежд. Жесткий поток для ремонтного производства оказался тактической ошибкой.

Тем не менее, на сегодняшний день альтернативы потоку нет. Это самая эффективная и самая высокопроизводительная форма организации производства. Для дальнейшего развития поточных методов ремонта нужны новые организационно-технические формы. И прежде всего, необходимо решить вопрос независимой (индивидуальной) транспортировки каждого вагона между позициями. Если будет решен этот вопрос, то будет и ликвидировано «узкое место» в работе ремонтных потоков.

Таким образом, противостоять вероятностной природе вагоноремонтной среды можно только за счет адаптации потока к каждому ремонтируемому вагону в отдельности.

Поточное вагоноремонтное производство необходимо рассматривать как производство, связанное со случайными величинами в их взаимодействии. Это обстоятельство необходимо учитывать при разработке новых форм поточно-го производства.

При работе на таких поточных линиях возникает противоречие, которое заключается, с одной стороны, в необходимости соблюдения регламентированного такта для полной загрузки рабочих мест, а с другой — в постоянной неравномерности трудоемкостей выполняемых работ, вызванных вероятностной природой вагоноремонтного производства.

Этот вредный фактор необходимо максимально нейтрализовать. Бороться с ним бесполезно. А нейтрализовать его можно за счет снижения зависимости в перемещении вагонов созданием гибкой транспортной системы. Проблема может быть решена только за счет перехода на гибкую систему организации производства. Чтобы сделать пропускные способности позиций потока примерно одинаковыми, совсем не обязательно заниматься строгой синхронизацией операций, надо просто изменить структуру потока. Необходимо от многофазной одноканальной поточной линии перейти к многофазному поликанальному потоку.

В Советском Союзе были предусмотрены только жесткие схемы, другие варианты депо просто не строились. При таких структурах постоянно возникают ситуации, когда дальнейшее продвижение вагонов становится невозможным — мешают другие вагоны, на которых еще продолжаются ремонтные работы. Из-за невозможности дальнейшего продвижения или «объезда» впереди стоящего объекта ремонта возникают транспортные «пробки».

Такой подход, когда изначально создается жесткая система, состоящая из последовательно соединенных элементов, а потом разными методами стараются заставить ее ритмично работать, не может являться примером правильного инженерного решения.

Переход со стационарного метода ремонта на поточный при той же самой жесткой структуре вагоносборочного участка ничего не меняет по существу, а только создает иллюзию потока (вагоны поступают с одной стороны участка, а покидают его — с другой), особенно если работы производятся без использования технологического оборудования.

Из теории надежности хорошо известно, что наименее надежной является система, состоящая из последовательно соединенных элементов. Отказ любого элемента в такой цепи приводит к отказу всей системы в целом. Нарушение регламентированного такта на одной из позиций, по сути дела, и является отказом.

На эффективность функционирования вагоноремонтного производства, наряду с внедрением средств механизации и автоматизации технологических процессов, влияет и организационная структура потока.

Для возможности беспрепятственного перемещения вагонов между позициями должны быть предусмотрены «транспортные развязки». Роль транспортных развязок в условиях вагоноремонтного предприятия могут выполнять «транспортные пролеты (коридоры)», размещенные параллельно «ремонтным пролетам».

Как известно, поточные методы являются наиболее эффективной формой организации производства. Ведь на сегодняшний день конкурентной альтернативы поточному производству просто не существует. Но поточные методы могут быть весьма разнообразными, они могут эволюционировать и нуждаются в постоянном исследовании их потенциальных возможностей.

Более перспективными являются потоки, позволяющие производить одновременно ремонт нескольких типов вагонов и нескольких видов ремонта. Перемещение каждого вагона между позициями потока происходит вне зависимости от перемещения других вагонов и позволяет находить-

ся каждому вагону в ремонте ровно столько времени, сколько того требует его техническое состояние. Иными словами, менее трудоемкий вагон может поступить в ремонт позже более трудоемкого, а выйти из ремонта значительно раньше. При этом количество возможных вариантов перемещения вагонов между позициями потока может достигать нескольких тысяч, а не равняться одному, как это имеет место при существующих поточных линиях. Если такой гибкий поток рассматривать с позиций теории массового обслуживания, то его можно идентифицировать как многофазную многоканальную систему. Однако такие потоки требуют определенной строительно-технологической компоновки зданий и не могут быть размещены в действующих депо.

Первое в СССР массовое внедрение в одном производственном корпусе трансбордерных тележек для перемещения вагонов (пять штук) с целью придания технологической гибкости производству было предпринято проектно-изыскательским институтом «Днепрожелдорпроект» (г. Днепропетровск) в 1981 г. при выполнении технико-экономического обоснования строительства завода по ремонту рефрижераторного подвижного состава на ст. Комрат (Молдавская ССР).

Следующей важной вехой внедрения гибкой организационной структуры ремонта вагонов не только в Советском Союзе, но и в мире явились основные технологические решения строительства крупнейшего комплекса для ремонта минераловозов на ст. Апатиты-1 Октябрьской железной дороги, разработанные также проектно-изыскательским институтом «Днепрожелдорпроект» в конце 1980-х гг. К сожалению, из-за распада СССР этим проектам так и не удалось воплотиться в жизнь.

Автор уже давно является активным приверженцем гибкого потока, о чем свидетельствует более двух десятков публикаций на эту тему. Среди наиболее ранних, но уже результативных работ можно выделить работу [5].

Использование гибких асинхронных потоков, позволяющих производить разные виды ремонтов для разных типов вагонов, является существенным скачком, по сравнению с традиционными поточными линиями. Свободный такт потока благотворительно влияет и на интенсивность работы производственного персонала, который не может в течение целого дня работать с одной и той же интенсивностью.

Индивидуальная система перемещения каждого вагона в процессе прохождения позиций потока позволяет снять жесткую зависимость от других вагонов, что значительно сокращает простой вагонов в ремонте.

В связи с тем, что различие в трудоемкостях ремонта вагонов для такой схемы организации производства не является «узким местом», появляется дополнительная возможность ремонтировать в едином потоке разные типы вагонов и производить разные виды ремонтов. Это позволит значительно улучшить обеспечение предприятия объектами ремонта.

Одно из главных преимуществ такой формы организации ремонта состоит в том, что вагон не покинет позицию до тех пор, пока не будет полностью завершён весь комплекс операций, закрепленных за данной позицией. Это позволит значительно повысить качество ремонта.

На рис. 1 представлена принципиальная схема мультифазного поликанального многопредметного асинхронного потока ремонта вагонов. Ремонтные позиции показаны условно в виде вертикальных прямоугольников и выполнены пунктирной линией, количество позиций на участке равно m (мультифазная схема). Горизонтальными прямоугольниками показаны ремонтные модули (поликанальная схема). Количество модулей на разных позициях может отличаться друг от друга. Стрелками показаны возможные направления перемещения вагонов, находящихся в этих модулях. Слева и справа показаны входящие и вы-

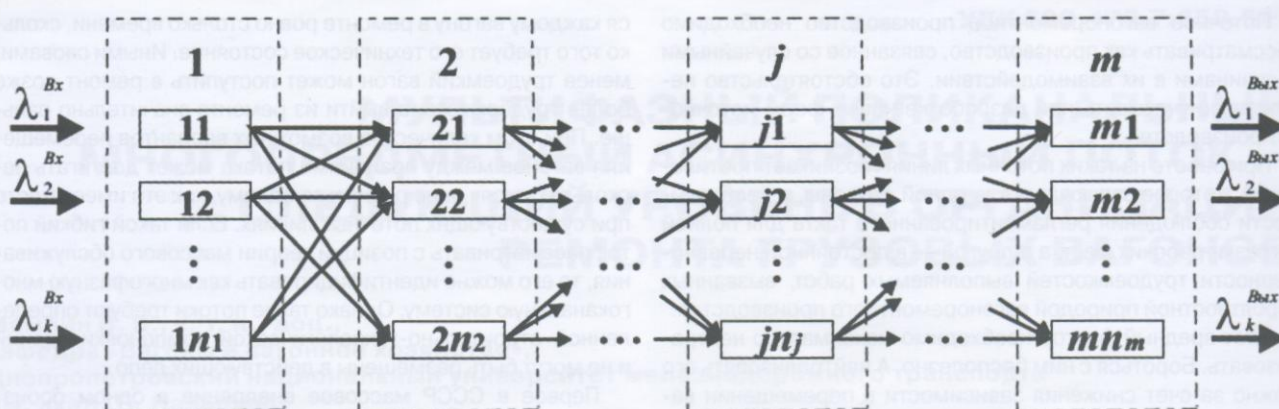


Рис. 1. Принципиальная схема мультифазного поликанального многопредметного асинхронного потока ремонта вагонов

ходящие потоки групп вагонов (многопредметная схема), $\lambda_a^{ax}, a = \overline{1, k}$ — входящие потоки различных групп вагонов, требующие ремонта; $\lambda_a^{abmx}, a = \overline{1, k}$ — выходящие потоки различных групп отремонтированных вагонов.

При строительстве новых вагоноремонтных предприятий должна быть предусмотрена не система одновременного перемещения всех вагонов между позициями, а система индивидуального перемещения каждого вагона. Самым простым вариантом практической реализации такого потока является расположение ремонтных модулей поперек строительных пролетов, а не вдоль, как это принято в настоящее время.

На первом этапе внедрения гибких потоков можно использовать схему, в которой гибкий поток будет использован только на участке ремонта, т. е. на том участке, где трудоемкости ремонта вагонов сильно отличаются друг от друга. В качестве транспортного устройства выступает не грузовой конвейер, который перемещает все вагоны одновременно, а трансбордерная тележка (транспортный роботизированный модуль — ТРМ).

Один из возможных вариантов компоновки участков общего вагоноремонтного потока представлен на рис. 2. Цифрами обозначены номера условных позиций, а пунктиром показаны границы между позициями. Количество позиций на вагоноремонтном участке зависит от количества типов используемого технологического оборудования (правильная машина, кантователь кузова, дробеструйная камера и т. п.).

Все модули одной позиции тождественны друг другу. Они оснащены одинаковым оборудованием и укомплектованы рабочими одинаковых специальностей. Поэтому вагон может поступать в любой свободный модуль. После окончания выполнения ремонтных работ на j -й позиции вагон при помощи трансбордерной тележки поступает на $(j + 1)$ -ю позицию.

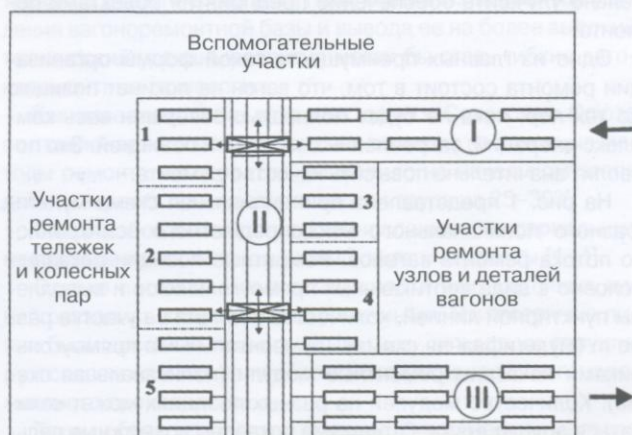


Рис. 2. Схема расположения участков общего вагоноремонтного потока

Расчеты показали, что наиболее рациональным решением является использование асинхронного поликанального потока, который создает необходимую гибкость. При таком потоке каждый объект с любого модуля (ремонтного места) j -й позиции может поступить на любой освободившийся модуль следующей $(j + 1)$ -й позиции. Таким образом, речь идет не просто о поточной линии, а о поточной вагоноремонтной сети.

В качестве транспортных средств для перемещения вагонов могут использоваться транспортные роботизированные модули. Задачей этих транспортных модулей является перемещение вагонов между ремонтными модулями. Транспортные модули должны перемещать объекты ремонта как в продольном направлении (между позициями), так и в поперечном (перемещение вагонов с трансбордера в ремонтный модуль и наоборот).

Весь процесс перестановки вагонов между позициями состоит из нескольких этапов:

- подача трансбордера к ремонтному модулю j -й позиции, в котором находится нуждающийся в перемещении вагон;
- подача (погрузка) вагона из модуля на трансбордер;
- перемещение трансбордера вместе с вагоном к свободному модулю $(j + 1)$ -й позиции;
- установка вагона в ремонтный модуль.

Находясь в едином ремонтном потоке, объекты ремонта продвигаются вперед по мере освобождения позиций от предшествующих вагонов. Количество модулей (каналов) на каждой позиции рассчитаны таким образом, что их пропускные способности позволяют отремонтировать всю заданную программу.

Кроме того, такие потоки являются более надежными, т. к. отказ технологического оборудования в одном из модулей (канале) позиции не приводит к отказу всей позиции и далее к отказу всего потока, как это имеет место в случае жесткой поточной линии, а позволяет осуществлять ремонт вагонов через другие (параллельные) модули этой же позиции.

На данных потоках может одновременно ремонтировать несколько типов вагонов и выполняться несколько видов ремонта (многопредметный).

В настоящее время расчет основных показателей гибкого потока осуществляется при помощи имитационного моделирования технологического процесса ремонта вагонов на ЭВМ. Разработанные программы доведены до рабочего состояния и могут быть использованы как при проектировании конкретных вагоноремонтных предприятий, так и для проведения различных исследований с любыми типами вагонов и с любой организационно-технологической структурой потока.

Имитационное моделирование работы гибкого потока на ЭВМ показало, что асинхронность и поликанальность потока позволяют свести к минимуму влияние вредного фактора,

связанного с различием трудоемкости выполнения ремонтных работ на вагонах и добиться высокого эффекта при ремонте вагонов на потоке.

На кафедре «Вагоны и вагонное хозяйство» Днепротровского национального университета железнодорожного транспорта гибкие ремонтные потоки успешно внедрены в учебный процесс и используются студентами в курсовом и дипломном проектировании при разработке проектов перспективных вагоноремонтных предприятий с различными организационно-технологическими структурами.

Идею поддержки гибких ремонтных производств можно увидеть среди следующих работ [6–8].

Отметим, что появление новых технологий происходит значительно быстрее, чем оканчивается срок службы зданий. В настоящее время все здания депо, особенно вагонная их часть, уже давно морально устарели. Технологическое оборудование изношено на 60–70%. А разместить в них новые гибкие технологические потоки не представляется возможным.

Тем не менее, отдельные элементы гибкого потока могут быть внедрены и на действующих вагоноремонтных предприятиях. Так, например, в настоящее время рассматриваются варианты внедрения элементов гибкого потока в вагонное депо на ст. Нижнеднепровск-Узел Приднепровской железной дороги (Украина). В этом депо планируется на одном потоке осуществлять ремонт 5000 полувагонов в объеме депоовского ремонта и 500 — в объеме капитального ремонта. В настоящее время в депо имеется только вагоносорбочный участок, осуществляющий ремонт на П-образном полужестком потоке, отсутствуют современный участок очистки вагонов, дробеструйный и малярный участки. Территория депо позволяет осуществить пристройку необходимых участков и сохранить П-образную схему технологического потока. Между существующим участком и вновь пристраиваемыми участками будет размещена трансбордерная тележка, позволяющая осуществлять перестановку вагонов между позициями, расположенными на разных путях. Таким образом, весь ремонтный цикл планируется производить не только в едином производственном комплексе, но и под одной крышей. Кроме того, реконструкция депо может пройти без остановки существующего производственного процесса.

В действующих вагоносорбочных участках элементы гибкости могут быть реализованы за счет использования, например, существующих мостовых кранов или подъемно-транспортных агрегатов [6–8]. В тех депо, где невозможно внедрить элементы гибкого потока, обязательно должен быть предусмотрен полужесткий поток.

Таким образом, уже давно назрела острая необходимость перейти к более продвинутым технологиям, адаптированным к особенностям ремонтного производства.

Данная статья призвана не только показать преимущества гибких потоков ремонта вагонов, но и, самое главное, обратить на них внимание ответственных работников вагонного хозяйства с целью принятия соответствующих решений для их скорейшей реализации на практике. ■ ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Чернышев П. Н. Ремонт вагонов на конвейере [Текст] / П. Н. Чернышев, А. К. Сорока, П. Н. Наливайко. — М.: Трансжелдориздат, 1962. — 156 с.
2. Ножевников А. М. Поточно-конвейерные линии ремонта вагонов [Текст] / А. М. Ножевников. — М.: Транспорт, 1980. — 137 с.
3. Скиба И. Ф. Комплексно-механизированные поточные линии в вагоноремонтном производстве [Текст] / И. Ф. Скиба, В. А. Ежиков. — М.: Транспорт, 1982. — 136 с.
4. Гридюшко В. И. Вагонное хозяйство [Текст] / В. И. Гридюшко, В. П. Бугаев, В. И. Криворучко. — М.: Транспорт, 1988. — 295 с.
5. Мямлин В. В. Использование ЭВМ для анализа функционирования различных поточных линий для ремонта вагонов [Текст] / В. В. Мямлин // Железнодорожный транспорт: Серия «Вагоны и вагонное хозяйство». Ремонт вагонов. — Вып. 1. — М.: ОИ/ЦНИИ ТЭИ МПС, 1989. — С. 1–11.
6. Болотин М. М. Новая технология ремонта вагонов [Текст] / М. М. Болотин, В. Г. Воротников // Железнодорожный транспорт. — 1991. — № 9. — С. 29–33.
7. Болотин М. М. Автоматизированные системы обработки информации и гибкие системы на вагоноремонтных предприятиях [Текст] / М. М. Болотин, В. Г. Воротников, Т. В. Второва, И. В. Козловский // Автоматизация и современные технологии. — 1992. — № 8. — С. 3–5.
8. Воротников В. Г. Образование параметров и оснащение гибких поточных линий по ремонту вагонов [Текст] / В. Г. Воротников, М. М. Болотин, В. Д. Евстратов, Т. В. Второва // Автоматизация и современные технологии. — 1993. — № 3. — С. 3–5.

УДК 629.472.7:658.527

Мямлін В. В.

Мультифазний поліканальний багатопредметний асинхронний потік — наступний рівень в організації ремонту вантажних вагонів

Описано принцип роботи гнучкого потоку ремонту вантажних вагонів, що враховує імовірнісний характер вагоноремонтного виробництва. Показано переваги такого потоку в порівнянні зі звичайними поточковими лініями. Доведено, що асинхронний потік може надійно функціонувати за рахунок поліканальності позицій. Наведено схему компонування дільниць вагоноремонтного підприємства, що використовує гнучкий потік.

UDC 629.472.7:658.527

Myamlin V.

Multiphase Stream of Asynchronous Polychannel Multiobject — the Next Level in the Organization of Repair of Freight Cars

The principle of a flexible stream of repair of freight cars, taking into account the probabilistic nature of car repair production is presented. Advantages of such a stream as compared to conventional production lines is shown. It is said that the asynchronous stream can operate reliably at the expense of polychannel positions. The layout of coarsened parts car repair company that uses a flexible stream is presented.

НОВОСТИ

УКРАИНСКИЙ ЗАВОД НАМЕРЕН СОЗДАТЬ ДВУХЭТАЖНЫЙ ВАГОН

Как сообщил глава Наблюдательного совета ПАО «Крюковский вагоностроительный завод» (Кременчуг, Полтавская обл.) Владимир Приходько, до 2013 г. завод создаст двухэтажный пассажирский вагон. Кузов двухэтажного вагона будет изготовлен из алюминия. Этот проект даст возможность ПАО «КВСЗ» завершить все основные темы в пассажирском вагоностроении и иметь полную линейку транспорта социального назначения.

Как сообщалось год назад, тендер на поставку поездов, который проводила Южная железная дорога, выиграла чешская компания Škoda Vagonka. Украинизация сообщила, что двухэтажные поезда производства Škoda Vagonka будут курсировать на коротких расстояниях.

Д. Шелест,
по материалам «Интерфакс-Украина»