

## РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОРГАНИЗАЦИИ РЕМОНТА ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ В ДЕПО И ПУТИ ИХ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ

Представлено критичний аналіз існуючих методів ремонту вантажних вагонів. Робиться висновок, що при ймовірній природі ремонтного виробництва «класичний» тип «жорсткої» потокової лінії з регламентованим тактом в подальшій перспективі є недоцільним. Подальший розвиток поточкового вагоноремонтного виробництва бачиться у розробці сучасних підприємств, обладнаних багатопредметними гнучкими асинхронними системами з високим рівнем механізації та автоматизації технологічних процесів.

Представлен критический анализ существующих методов ремонта грузовых вагонов. Делается вывод, что при вероятностной природе ремонтного производства «классический» тип «жёсткой» поточной линии с регламентированным тактом в дальнейшей перспективе является нецелесообразным. Дальнейшее развитие поточного вагоноремонтного производства видится в создании современных предприятий, оснащённых многопредметными гибкими асинхронными системами с высоким уровнем механизации и автоматизации технологических процессов.

A critical analysis of existing methods for repair of freight wagons is presented. The conclusion, that with probability nature of repair activities the “classic” type of a “rigid” production line with regulated step in long-term outlook is inexpedient, has been done. The further development of production-line wagon repair activities is seen in the creation of advanced enterprises equipped with multi-object flexible asynchronous systems with high level of mechanization and automation of technologic processes.

Методи організації ремонту вагонів за весь їх період використання претерпели очень глубокие изменения и прошли путь: от стационарного – до гибкого поточного.

При стационарному методі ремонту вагон не надо перемещать, так как все работы производятся на одном месте. Стационарный метод очень прост в реализации, но он является непроизводительным, т.к. не позволяет на одной позиции использовать весь комплекс технологического оборудования: от моечной машины до окрасочной и сушильной камер. Единственно, пожалуй, его позитивным качеством является полная независимость от ремонта остальных вагонов, т.е. объект ремонта будет ремонтироваться ровно столько времени, сколько нужно.

Поточной называется такая форма организации производства, при которой специализированные позиции располагаются в строгой последовательности с принятым технологическим процессом, а предметы труда постоянно перемещаются между этими позициями до полного завершения цикла. Такой метод носит ещё название «поточно-предметный». Возможен вариант, когда предметы труда находятся на месте, а перемещаются только исполнители. Здесь мы имеем дело с «поточно-бригадным»

методом организации производства. Любой поточный метод даже в самой простой своей реализации является более эффективным по сравнению с непоточным, так как позволяет за счёт специализации позиций и оснащения их необходимым технологическим оборудованием повысить производительность труда.

Наибольшего распространения поточные методы производства вначале получили в машиностроении и приборостроении. Из этих отраслей они уже потом распространились и на другие отрасли промышленности, в том числе и на ремонтные.

На автомобильном транспорте, например, поточный метод нашёл применение при профилактическом обслуживании автомобилей. Впервые при обслуживании автомобилей поток был применён в 1928 г. [1].

На железнодорожном транспорте поточные методы ремонта получили широкое распространение при ремонте и обслуживании подвижного состава. Так, например, впервые в мировой практике в 1968 году Даугавпилский локомотиворемонтный завод перешёл на поточную форму организации ремонта тепловозов. Это позволило увеличить выпуск тепловозов из ремонта на 150 % и до 45 % сократить их простой в ремонте [2].

После перехода на поточный метод ремонта контейнеров в вагонном депо Лихоборы производительность труда выросла в два раза [3].

Однако наибольшее распространение поточные методы получили при производстве капитального и деповского ремонта вагонов и их узлов.

Надо отметить, что Украина всегда находилась на передовых рубежах при внедрении прогрессивных методов ремонта подвижного состава. Ещё в далёком 1885 году инженер А. П. Бородин произвёл большую работу, связанную с внедрением индустриальных методов ремонта вагонов в главных мастерских Киева и Одессы.

Другой украинский инженер Н. М. Хлебников в 1912 году теоретически обосновал и практически внедрил новую форму организации ремонта товарных вагонов на Нижнеднепровских мастерских [4].

Вопросам совершенствования ремонта вагонов всегда уделялось большое внимание и в бытность Советского Союза. Именно в этот период вагонное хозяйство приобрело прочную производственно-техническую базу для ремонта вагонов. В течение сравнительно небольшого срока было построено значительное количество вагонных депо, существующие главные железнодорожные мастерские были переоборудованы в вагоноремонтные заводы и оснащены необходимым оборудованием. По состоянию на 1975 год только в различных депо функционировало 40 поточных линий для ремонта вагонов.

Здесь необходимо выделить работы, наиболее способствовавшие становлению поточных методов ремонта, таких учёных как Бродовский А. Л., Скиба И. Ф., Криворучко Н. З., Лапшин Ф. А., Комаров С. Г., Цикунов А. Е., Гридюшко В. И., Бугаев В. П., Ножевников А. М., Ёжиков В. А. [5 – 14].

После внедрения поточного метода на Барнаульском ВРЗ программа ремонта вагонов возросла на 120 %. Использование поточно-конвейерного метода на Стрыйском ВРЗ позволило увеличить объём выпускаемой продукции почти на 70 %. Переход на поток в вагонном депо Уссурийск дал возможность увеличить выпуск вагонов из ремонта примерно на 40 % и сократить их время пребывания в ремонте на 48 %. Использование потока в депо Волноваха позволило увеличить выпуск вагонов на 65 %. В результате применения комплекса поточных линий в вагонном депо Красноармейск выпуск

вагонов с одной ремонтной позиции вырос в 2,9 раза.

Данные факты свидетельствуют о том, что внедрение поточных методов ремонта на различных вагоноремонтных предприятиях позволило скачкообразно по сравнению со стационарным методом увеличить выпуск вагонов из ремонта и сократить время нахождения их в ремонте.

Однако из всего количества существовавших при СССР вагонных депо, а это около двухсот предприятий, только треть перешла на поточный метод ремонта. Как правило, все депо в настоящее время специализированы на ремонте вагонов только одного типа.

Вместе с тем приведенные выше показатели сильно отличаются друг от друга и говорят о том, что не были разработаны единые требования ни к технологии, ни к оборудованию, ни к организации производства.

Следует обратить внимание также на то, что вслед за некоторым подъёмом после перехода на поточный метод дальнейшего роста не наблюдалось, а наоборот, некоторые вагоноремонтные предприятия стали сдавать свои позиции, и он даже пошёл на спад. Это связано со многими причинами, но, прежде всего, с вероятностной природой вагоноремонтного производства.

Первые потоки, используемые для ремонта вагонов, унаследовали основные признаки потоков машиностроения 30-х годов. К ним следует отнести следующие черты: желание иметь как можно большее число позиций; чрезмерное дифференцирование операций, как по исполнителям, так и по позициям; довольно низкий уровень механизации.

К тому же ремонт вагонов на потоке имеет и свои специфические особенности. К этим особенностям можно отнести большое разнообразие конструктивных отличий вагонов даже одного и того же типа, различные условия и интенсивности их эксплуатации, а также широкий диапазон «возрастных» изменений вагонов.

Совокупность всех этих факторов влияет на трудоёмкость выполнения ремонтных работ на вагонах, и через неё способствует проявлению неопределённости ремонтного процесса, делает вагоноремонтное производство слишком чувствительным к нарушению хода технологического процесса. Такая вероятностная природа вагоноремонтного производства требует определённого к себе отношения и обязательно должна быть учтена при разработке новых форм организации потоков.

При существующих вариантах организации вагоносборочных участков в депо большинство предприятий предпочитают использовать стационарный метод ремонта вагонов. Этот метод является весьма непроизводительным (неэффективным), т.к. он не способствует росту производительности труда. Только при разделении операций и специализации позиций можно добиться высокой производительности труда и повышения качества ремонта.

Большим же недостатком «жесткого» потока (рис. 1) при ремонте вагонов явилось постоянное несоблюдение регламентированного так-

та. Из-за того, что все вагоны отличаются очень большим диапазоном неисправностей, вагоноремонтное производство носит вероятностный характер. Попытки добиться синхронизации времени выполнения ремонтных работ на позициях поточных линий явились «камнем преткновения». При такой структуре поточной линии постоянно возникают ситуации, когда на одних позициях вагоны уже отремонтированы, а на других – ремонт ещё продолжается. Поэтому рабочие и оборудование тех позиций, на которых завершён ремонт, начинают простаивать.

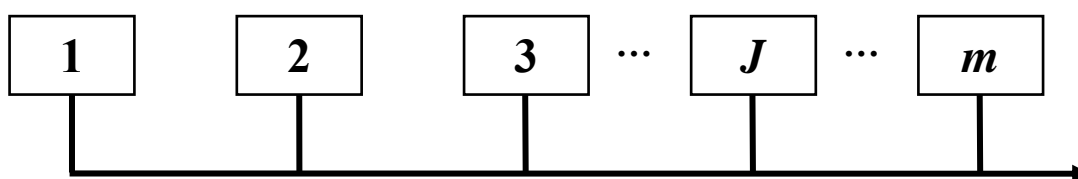


Рис. 1. Структурная схема поточной линии с жесткими связями между позициями

Без наличия специализированных позиций, предназначенных для выполнения конкретных операций и оснащённых соответствующим механизированным и автоматизированным оборудованием, поток не может получить максимальную свою реализацию. Само по себе простое перемещение вагонов между производственными позициями, без насыщения позиций специальным оборудованием (выполнение работ вручную), не имеет смысла. Это создаёт только видимость потока и не является потоком по сути. Если одна и та же технологическая операция может осуществляться на разных позициях (двух или более), то нарушается принцип специализации позиций. Такие потоки являются формальными потоками. При существующих жестких схемах так приходится поступать только потому, что многие вагоны из-за регламентированного такта не успевают быть обслуженными на «своих» позициях и эти работы продолжают доделываться на последующих позициях. Если одни и те же операции можно производить на разных позициях, то это, скорее, свидетельствует не о «гибкости» производственного процесса, а о его формальной реализации. Такие потоки являются потоками по «форме», чем по «суть».

Создание того или иного вида потока зависит в первую очередь от конфигурации главно-

го производственного корпуса. Изначально при проектировании и строительстве вагоноремонтных предприятий с жесткими поточными линиями уже была заложена дисфункция, выражающаяся в очень низкой надёжности самих поточных линий, на которую ещё вдобавок накладывался вероятностный характер объектов ремонта, заключающийся в большой вариации трудоёмкостей выполняемых работ.

Детальный анализ поточного вагоноремонтного производства позволил сделать вывод, что все вагонные депо, построенные в период существования Советского Союза, предусматривают только жесткую структуру. Такая структура состоит из последовательно соединённых элементов (позиций) и выход любого элемента из строя отражается на работе всей поточной линии. С ростом интенсивности эксплуатации вагонов, а также производством новых вагонов, имеющих различные конструктивные отличия, значительно стала изменяться и трудоёмкость их ремонта. А для «жесткого» потока необходимо, чтобы время завершения выполнения работ на всех позициях происходило бы одновременно. Сбой такта на любой позиции отражается на работе всей поточной линии.

Поэтому дальнейшая теоретическая работа вагоноремонтной науки в области организации производства была большей частью направлена

на совершенствование работы жёстких поточных линий. Особенно активно это направление разрабатывала «белорусская» вагоноремонтная школа в лице Криворучко Н. З., Бугаева В. П., Букина В. Т., Разона Н. Ф. [16 – 21].

Представители этого направления считали, что наиболее эффективным методом ремонта вагонов в депо есть поточно-конвейерный метод. А раз для поточно-конвейерного метода «узким местом» является соблюдение регламентированного такта, то большинство их рекомендаций в основном и были направлены на обеспечение именно внутритактной синхронизации времени выполнения работ на позициях поточных линий.

В качестве мер, которые, по их мнению, способствовали бы более стабильному функционированию «жёсткого» потока, предлагались различные организационно-технические мероприятия. Так, например, предлагалось ставить на одну позицию два или более вагонов, подобранных из запаса вагонов таким образом, чтобы усреднённые трудоёмкости групп вагонов по позициям были бы примерно равными, или же ставить на поток поочерёдно «тяжёлые» и «лёгкие» вагоны.

Вместе с тем, для того, чтобы осуществлять подбор вагонов нужно, во-первых, иметь огромный запас вагонов одного типа, чтобы было из чего выбирать и, во-вторых, сам подбор связан со многими трудностями технического и организационного характера. Да и содержать большой запас вагонов в условиях крайнего их дефицита – это непозволительная роскошь.

Таким образом, мероприятия, предлагаемые этой группой учёных, годятся только для улучшения работы уже существующих поточных линий. К тому же выполнение этих мероприятий требует постоянных дополнительных усилий, связанных с подбором групп вагонов для постановки на позиции из числа вагонов, ожидающих ремонта. Кроме того, нет никакой гарантии, что подбор вагонов для одной ремонтной позиции по критерию «усреднённой трудоёмкости» окажется в пределах «нормы» и для других ремонтных позиций.

Наиболее простой способ, чтобы хоть как-то исправить ситуацию, – это предварительный ремонт вагонов с повышенными объёмами работ на подготовительных стационарных стойлах. После того, как объём ремонтных работ на этих вагонах будет уменьшен до «нормы», их можно ставить в общую поточно-конвейерную линию. Однако такой поток является каким-то половинчатым, неполноценным потоком, т.к.

объекты ремонта предварительно находятся некоторое время на стационарном уравнильных стойлах, а не сразу ставятся на поток. В целом такой поток можно назвать потоком только с большой натяжкой. Скорее всего, такая форма организации ремонта может называться «стационарно-поточной».

Таким образом, можно сказать, что все эти рекомендуемые мероприятия носят в основном теоретический характер, практическое их применение весьма затруднительно и неэффективно – в целом противостоять вероятностной природе вагоноремонтного производства они не могут.

Основная ошибка здесь видится в том, что исследователи поточных методов ремонта вагонов основное усилие направляли на совершенствование только одного конкретного вида ремонтного потока, а именно – поточно-конвейерного (поточно-линейного) метода, а не потока как такового вообще.

Сейчас трудно сказать, почему в своё время была принята для всех депо только одна структура потока – жёсткая. По всей видимости, сработала инертность мышления. Раз при движении поезда вагоны следуют друг за другом по одному и тому же пути, то и при ремонте вагонов должно быть, по-видимому, также – ремонтируемые вагоны должны следовать друг за другом по одной и той же колее. Но, одно дело, просто следовать в составе сборного поезда, и совсем другое дело находиться в жёсткой связи при выполнении ремонтных работ. Необходимо ещё учитывать и то, что на тот период времени так остро не стоял вопрос о вероятностной природе вагоноремонтного производства – не было такого большого количества модификаций вагонов, и степень их эксплуатации была намного меньше. Да и строительство простых форм зданий для таких участков не вызывало никаких трудностей. Кроме того, был использован существующий опыт машиностроения и приборостроения. И хотя в других отраслях в последующем были применены другие типы потоков, при ремонте вагонов в депо все оставалось по-прежнему. Вагоны представляют собой крупногабаритные предметы, и при уже построенных зданиях не было никакой возможности что-либо существенно изменить в структуре таких линий.

Хотя следует отметить, что ещё в 50-х годах в работе д.т.н., профессора И. Ф. Скибы [5] упоминались различные нетрадиционные схемы организации вагоноремонтных цехов. Правда, в этой работе шла речь о ремонте вагонов в

условиях заводов, и не фигурировало такое понятие как «гибкие поточные линии». На рис. 2 представлена одна из схем организации вагоносборочного цеха поперечно-тупикового типа с транспортной тележкой. Ремонт вагонов предполагается осуществлять по этой схеме стационарным методом.

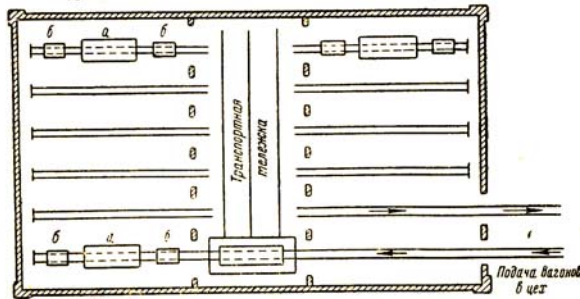


Рис. 2. Схема вагоносборочного цеха поперечно-тупикового типа с транспортной тележкой:  
а – кузов вагона; б – вагонная тележка

В качестве ещё одного примера из этой же работы приведём схему вагоносборочного цеха продольно-тупикового типа (рис. 3).

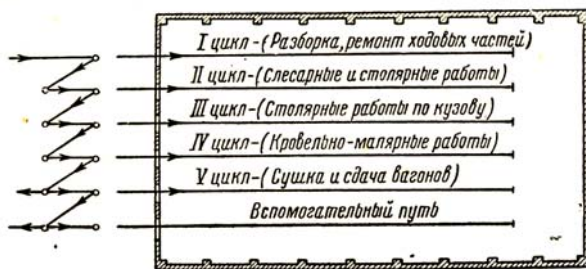


Рис. 3. Схема вагоносборочного цеха продольно-тупикового типа

Ремонт вагонов в цехе продольно-тупикового типа организован поточным методом. На каждый специализированный ремонтный путь (позицию) устанавливается группа вагонов. Перемещение вагонов между позициями осуществляется поочередно, начиная с последней позиции. К недостаткам такой схемы организации ремонта следует отнести то, что перемещение групп вагонов между позициями связано с большим объёмом маневровых работ и содержанием разветвлённого путевого хозяйства. К тому же пребывание каждого отдельного вагона в ремонте напрямую зависит от простоя всей группы вагонов. Кроме того, каждое перемещение вагонов между позициями связано с выходом за пределы здания, поэтому добавляется ещё негативное влияние погодных условий.

Всё многообразие существующих на сегодняшний день зданий вагоносборочных участков сводится к двум конфигурациям: сквозной

и тупиковой (П-образной), причём независимо от того используют они стационарный или поточный методы ремонта вагонов.

При сквозной схеме вагоны поступают в ремонт с одной стороны здания, а выходят из ремонта – с другой. При П-образном варианте, подача вагонов в ремонт и выпуск их после ремонта производится с одной и той же стороны вагоносборочного участка.

Формы зданий, выполненные в виде прямоугольников, неукоснительно предполагали размещение только нескольких параллельных путей, на которых можно было ремонтировать вагоны и стационарным, и поточным методами.

При таких структурах постоянно возникают ситуации, когда дальнейшее продвижение вагонов становится невозможным – мешают другие вагоны, на которых ещё ведутся ремонтные работы. Из-за невозможности дальнейшего продвижения или объезда впереди стоящего объекта ремонта возникают транспортные «пробки».

При жёсткой структуре поточной линии и не остаётся ничего другого, как только заниматься вопросами обеспечения внутритактной синхронизации.

Таким образом, принятая в своё время ориентация на «жёсткий» поток, связанный с обязательной синхронизацией времени выполнения ремонтных работ на позициях, не оправдала надежды. «Жёсткий» 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.

Кроме «жёсткого» потока, который был принят повсеместно при организации вагоноремонтного производства, существуют и другие разновидности поточного производства.

В качестве одного из решений, повышающих пропускную способность поточных линий и не требующих больших капитальных вложений, было предложено, например, перейти от «жёсткого» потока к «полужёсткому» [15]. Суть этого предложения сводилась к тому, чтобы вместо одного грузоведущего конвейера, осуществляющего одновременную перестановку всех вагонов между позициями, перейти к «цепочке» конвейеров, каждый из которых связывал бы только две соседние позиции (рис. 4). Такое решение позволяло внедрить некоторые элементы гибкости, хотя и не решало всю про-

блему в целом. При моделировании работы таких поточных линий на ЭВМ было установлено, что их пропускная способность по сравне-

нию с «жестким» вариантом возрастает на 5...8 %.

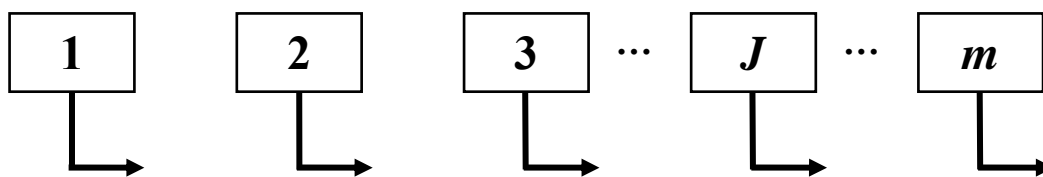


Рис. 4. Структурная схема поточной линии с полужесткими связями между позициями

При создании поточно-конвейерных линий с жесткими связями между позициями не была достаточно хорошо изучена природа вагоноремонтного производства и совершенно не было взято во внимание то обстоятельство, что трудоёмкости ремонтных работ на вагонах могут сильно варьировать даже при выполнении одних и тех же операций. В этом заключается основное отличие ремонтных работ от сборки на конвейере нового изделия в машиностроении.

Вместе с тем проблема несоблюдения жесткого такта на конвейерах даже в условиях производства новых изделий также существует. И связано это со многими факторами и, в первую очередь, с психофизиологическими особенностями человека. Человек, например, не может в течение всей смены работать с одной и той же интенсивностью. В условиях же ремонтного производства, как мы уже отмечали, появляется ещё целый ряд дополнительных факторов, влияющих на ритмичную работу поточно-конвейерных линий.

Считалось, что прямая железнодорожная колея, т.е. та основа, которая служит для движения вагонов, должна непременно фигурировать и при их ремонте. Поэтому при переходе на поток в качестве одного из основных атрибутов потока, по которому движутся вагоны, были выбраны обычные железнодорожные пути, которые укладывались вдоль ремонтных пролётов. На этих путях последовательно располагались ремонтные позиции. Таким образом, были сформированы потоки, состоящие из последовательно соединённых жестких элементов. Надёжность таких систем довольно низкая. С выходом из строя одного элемента (нарушение регламентированного такта или отказ технологического оборудования) нарушается работа всей поточной линии. Поэтому такой вариант организации поточного производства не способствует эффективному использованию

оборудования и исполнителей. Вместе с тем, все вагоноремонтные предприятия, построенные в бытность Советского Союза, были ориентированы именно на такой жесткий поток. А для этого потока, как мы уже отмечали, необходима строгая синхронизация времени выполнения операций на позициях.

Различное время выполнения операций связано как с существенными внешними отличиями объектов ремонта (различные условия эксплуатации, разный «возраст» вагонов, конструктивные особенности и т.п., что, естественно, сказывается на трудоёмкости ремонта), так и с внутренними отличиями самих исполнителей (накопленный опыт, профессионализм, внимательность, утомляемость, душевное состояние, самочувствие и т.п.).

Дополнительным подразделением к жестким поточным линиям, как правило, является организация подготовительных участков. Цель этих участков заключается в выполнении части ремонтных работ на вагонах с повышенными объёмами работ и доведением их до «нормы». После этого вагоны могут поступать на поточную линию.

Поточное вагоноремонтное производство необходимо рассматривать как производство, связанное со случайными величинами в их взаимодействии. Это обстоятельство необходимо учитывать при разработке новых форм поточного производства. Если условия поточного ремонтного производства продуманы не до конца, то такое производство не может быть эффективным.

Кроме того, что все вагоноремонтные поточные линии первоначально имели жесткую структуру (другие варианты депо просто не строились), которая, как мы уже подчёркивали, является далеко не лучшим вариантом при организации ремонтного производства, они вдобавок ещё различались количеством позиций,

количеством мест на одной позиции, количеством ремонтных ниток и т.п. Таким образом, были существенные различия, как и в самих структурах потоков, так и в основных технико-экономических показателях работы поточных линий. Всё это усложняло внедрение типовых технологических процессов и типового оборудования.

При жёсткой структуре потока, когда путь движения предметов труда заранее предопределён, т.к. они движутся строго по одному и тому же пути, естественно, что очень важная роль отводится соблюдению регламента времени выполнения ремонтных операций на каждой позиции.

Основной проблемой («узким местом») жёсткого и полужёсткого потоков является сильная зависимость между перестановками вагонов с одной позиции на другую. И хотя во втором случае удаётся немного сгладить эту зависимость, суть от этого всё равно не меняется. Эти потоки представляют собой многофазные одноканальные системы массового обслуживания (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».

Из теории надёжности хорошо известно, что наименее надёжной является система, состоящая из последовательно соединённых 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.

Такой подход, когда изначально создаётся жёсткая система, состоящая из последовательно соединённых элементов, а потом разными методами стараются заставить её надёжно работать, не может являться примером правильного инженерного решения.

Переход со стационарного метода ремонта на поточный при той же самой жёсткой структуре вагонсборочного участка ничего не меняет по существу, а создаёт только иллюзию потока, особенно если работы выполняются вручную.

При работе на таких поточных линиях возникает противоречие, которое заключается, с одной стороны, в необходимости соблюдения регламентированного такта для полной загрузки исполнителей и оборудования, а с другой – в постоянной неравномерности трудоёмкостей выполняемых работ, вызванных вероятностной природой вагоноремонтного производства.

Эту ситуацию необходимо максимально нейтрализовать. Борьба с её последствиями

бесполезно. А нейтрализовать её можно за счёт снижения зависимости в перемещении вагонов, созданием гибкой транспортной системы.

В первую очередь необходимо решить вопрос независимой (индивидуальной) транспортировки каждого вагона между позициями. Если будет решён этот вопрос, то будет и ликвидировано «узкое место» в работе потоков.

Это противоречие может быть решено, например, за счёт перехода на гибкую систему организации производства. Чтобы сделать пропускные способности позиций потока одинаковыми, совсем не обязательно заниматься строгой синхронизацией операций, надо просто изменить структуру потока. Это можно сделать за счёт перехода от многофазной одноканальной системы массового обслуживания (СМО) к многофазной многоканальной СМО.

Поэтому наиболее правильным решением будет использование асинхронного гибкого потока. При таком потоке каждый объект с любого модуля (ремонтного места)  $j$ -й позиции может поступить на любой освободившийся модуль следующей  $(j+1)$ -й позиции (рис. 5).

При проектировании гибких вагоноремонтных потоков необходимо исходить из того, что не технологический процесс должен быть разбит на отдельные кратные по времени операции, выполняемые на разных позициях, а отдельные позиции должны быть жёстко специализированы на выполнении определённых технологических комплексов работ. Ремонтируемые вагоны должны находиться на каждой позиции ровно такой период времени, который необходим для их ремонта. Перестановка каждого отдельного вагона должна осуществляться индивидуально и не зависеть от других вагонов.

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

Только с точки зрения теории случайных процессов, с учётом знания того, что существуют большие колебания трудоёмкостей ремонтных работ, необходимо брать за организацию эффективного поточного вагоноремонтного производства.

Впервые вопрос о возможностях реального использования гибких поточных линий для ремонта вагонов был поднят в теоретических работах днепропетровских учёных [22 – 25]. Кроме этого, проектно-изыскательским институтом «Днепрожелдорпроект» также впервые в мировой вагоноремонтной практике гибкие поточные линии были использованы в основных тех-

нологических решениях строительства крупнейшего в СССР комплекса для ремонта минераловозов на ст. Апатиты-1 Октябрьской ж. д. После этого появился ещё целый ряд научных работ, затрагивающих эту тему [26 – 32]. Кроме того, в Днепропетровском национальном университете железнодорожного транспорта гибкие поточные линии успешно внедрены в учебный процесс и используются студентами в кур-

совом и дипломном проектировании при разработке перспективных вагонных депо. Таким образом, можно говорить о «днепропетровском» направлении в организации ремонта вагонов на потоке, сориентированном на использование прогрессивных асинхронных гибких систем. Работа в этом направлении в настоящее время продолжает усиленно набирать обороты.

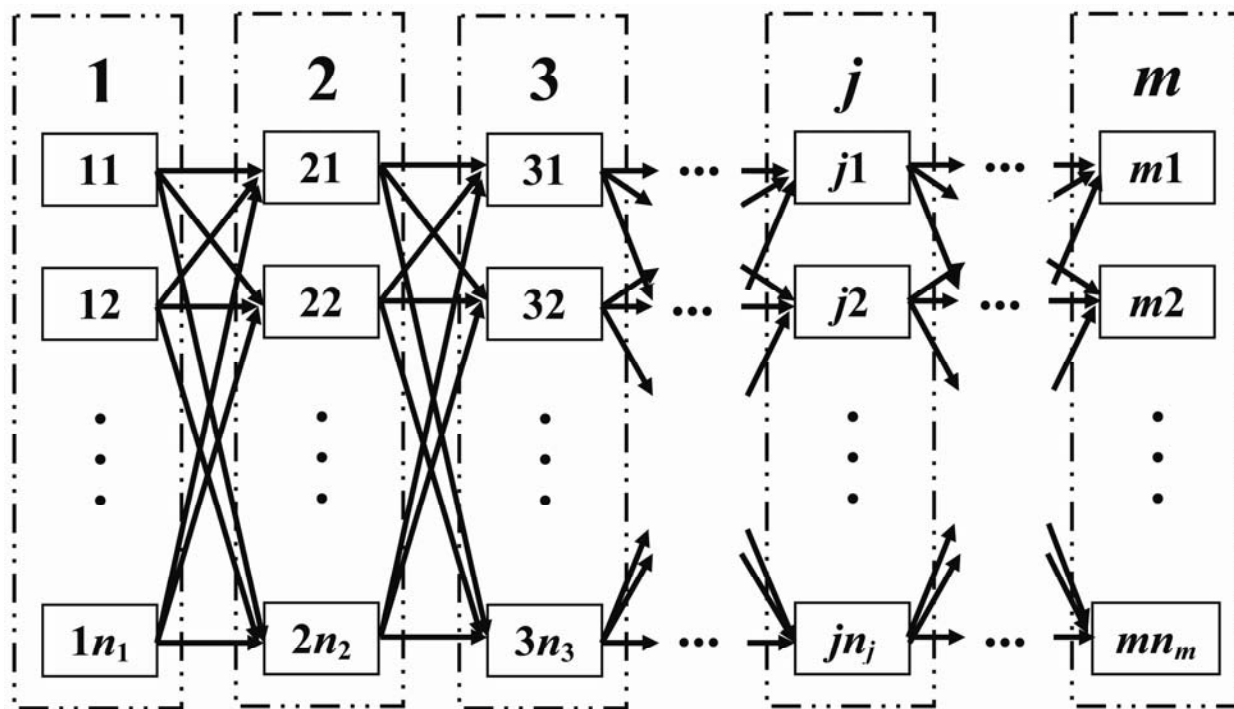


Рис. 5. Структурная схема асинхронного гибкого потока ремонта вагонов

Последнее направление дало также толчок и «московскому» направлению в лице Болотина М. М., Воротникова В. Г., Котуранова В. Н., Второвой Т. В., Устича П. А., Хабы И. И., Муравьёва С. Н., Денисенко А. А., Евстратова В. Д., Козловского И. В., которые в числе прочих исследований и популяризации гибких потоков занимаются вопросами возможности внедрения поточных линий с гибким маневрированием в зданиях существующих вагонных депо [33 – 40].

Надо подчеркнуть, что жёсткие варианты планировок корпусов вагоноремонтных предприятий, которые были массово построены в своё время, при новом строительстве уже рассматриваться не будут. Им на смену придут корпуса предприятий, предусматривающие асинхронные гибкие потоки. Такие предприятия за счёт использования гибких потоков смогут одновременно ремонтировать несколько типов вагонов и осуществлять несколько видов ремонта (деповской, капитальной). Кроме того, отпадёт потребность в предварительных ремонтных работах на уравнильных стойлах –

для таких потоков нет необходимости содержать специальный запас вагонов с целью отбора из него «необходимых» вагонов для постановки на поток.

Для гибких потоков возможно постоянное обновление технологического оборудования на отдельных модулях, что совершенно не будет затрагивать перестройку всего потока.

Кроме того, в гибкой комплексно-механизированной системе исключена возможность «возврата» к стационарным методам ремонта, как это происходит в настоящее время.

Поэтому асинхронный гибкий поток должен быть обязательно принят на вооружение при строительстве новых вагоноремонтных предприятий, а для существующих предприятий необходимо, насколько это возможно, внедрение элементов гибкого потока.

Конечно же, обязательным требованием ритмичного поточного производства является постоянное наличие объектов ремонта. В случае несвоевременного поступления очередного вагона в ремонт происходит «сворачивание» потока. Хотя отсутствие объектов ремонта в



равной мере отражается на загрузке любых предприятий, использующих как поточный метод ремонта вагонов, так и стационарный.

Однако надо подчеркнуть, что для предприятий, использующих гибкий поток, вопрос обеспечения объектами ремонта будет стоять не так остро, как для предприятий, использующих обычные поточно-конвейерные линии. Если последние являются однопредметными, т.е. ремонтируют только один тип вагонов, то первые являются многопредметными, т.е. имеют больше возможностей в отборе объектов ремонта, т.к. ремонтируют несколько типов вагонов и выполняют несколько видов ремонта.

Таким образом, на основании проведенного анализа можно сделать вывод, что при новом проектировании и строительстве вагонных депо в качестве эталонных необходимо использовать только гибкие потоки. В наиболее передовых существующих депо для того, чтобы как-то ослабить жёсткую взаимозависимость при перемещении вагонов, обязательно должны быть внедрены элементы гибкого потока. С целью снижения капиталовложений при реконструкции и расширении отдельных существующих депо, там где это возможно, целесообразно строить из лёгких металлических конструкций корпуса для вагоноремонтных участков, использующих гибкие технологии, задействуя при этом уже имеющиеся участки для ремонта узлов и деталей. Остальные же вагонсборочные участки депо необходимо перевести на ремонт длинномерных вагонов или использовать для подготовки вагонов к перевозкам, или создать на их базе механизированные пункты обслуживания вагонов (МПОВ). Не исключена возможность передачи таких депо на баланс Главного управления путевого хозяйства для технического обслуживания и ремонта путевых машин. В настоящее время это управление страдает из-за отсутствия ремонтной базы. Учитывая широкую номенклатуру и мелкосерийный характер данного производства, для этих машин вполне может быть использован стационарный метод ремонта.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Кузнецов, Е. С. Исследование работы поточных линий технического обслуживания автомобилей [Текст] / Е. С. Кузнецов, В. А. Сорокин. – М.: Транспорт, 1966. – 83 с.
2. Гизатулин, Э. З. Организация поточного производства при капитальных ремонтах тепловозов [Текст] / Э. З. Гизатулин, Е. Г. Стеценко. – М.: Транспорт, 1982. – 121 с.
3. Биленко, А. И. Ремонт контейнеров на потоке: Опыт вагонного депо Лихоборы [Текст] / А. И. Биленко, Е. В. Трушкин. – М.: Транспорт, 1983. – 62 с.
4. О мероприятиях для понижения процента больных вагонов на железных дорогах: доклад начальника вагонного отдела службы тяги Екатеринбургской железной дороги инженера Н. М. Хлебникова [Текст] / Н. М. Хлебников. – Екатеринбург: Типо-Литография Екатеринбургской железной дороги, 1914. – 64 с.
5. Бродовский, А. Л. Организация вагонного хозяйства и содержание вагонов [Текст] / А. Л. Бродовский. – М.: Гострансжелдориздат, 1947. – 384 с.
6. Скиба, И. Ф. Поточный метод ремонта вагонов на заводах [Текст] / И. Ф. Скиба. – М.: Гострансжелдориздат, 1950. – 247 с.
7. Криворучко, Н. З. Организация вагонного хозяйства [Текст] / Н. З. Криворучко. – М.: Гострансжелдориздат, 1954. – 542 с.
8. Лапшин, Ф. А. Вагонное хозяйство [Текст] / Ф. А. Лапшин, С. Г. Комаров. – М.: Гострансжелдориздат, 1955. – 191 с.
9. Чернышев, П. Н. Ремонт вагонов на конвейере [Текст] / П. Н. Чернышев, А. К. Сорока, П. Н. Наливайко. – М.: Трансжелдориздат, 1962. – 156 с.
10. Скиба, И. Ф. Экономическая эффективность новой техники, организации и технологии ремонта вагонов [Текст] / И. Ф. Скиба. – М.: Транспорт, 1964. – 243 с.
11. Криворучко, Н. З. Вагонное хозяйство [Текст] / Н. З. Криворучко, А. Е. Цикунов, В. И. Гридюшко. – М.: Транспорт, 1969. – 312 с.
12. Криворучко, Н. З. Вагонное хозяйство [Текст] / Н. З. Криворучко, В. И. Гридюшко, В. П. Бугаев. – М.: Транспорт, 1976. – 280 с.
13. Ножевников, А. М. Поточно-конвейерные линии ремонта вагонов [Текст] / А. М. Ножевников. – М.: Транспорт, 1980. – 137 с.
14. Скиба, И. Ф. Комплексно-механизированные поточные линии в вагоноремонтном производстве [Текст] / И. Ф. Скиба, В. А. Ёжиков. – М.: Транспорт, 1982. – 136 с.
15. Мямлин, В. В. Использование метода статистического моделирования при проектировании поточных линий для ремонта вагонов [Текст] / В. В. Мямлин // Вопросы оптимизации деталей тележек и организации обслуживания вагонов. – Д.: ДИИТ, 1985. – С. 70-76.
16. Криворучко, Н. З. Ремонт вагонов на потоке [Текст] / Н. З. Криворучко, К. Н. Межов, В. И. Букин // Ж/д трансп. – 1975. – № 8. – С. 56-59.
17. Бугаев, В. П. Эффективность ремонта вагонов и их узлов на потоке [Текст] / В. П. Бугаев // Ж/д трансп. – 1978. – № 3. – С. 45-49.
18. Бугаев, В. П. Совершенствование организации ремонта вагонов (системный подход). – М.: Транспорт, 1982. – 152 с.
19. Гридюшко, В. И. Вагонное хозяйство [Текст] / В. И. Гридюшко, В. П. Бугаев, В. И. Криворучко. – М.: Транспорт, 1988. – 295 с.

20. Букин, В. И. Совершенствование поточного метода деповского ремонта крытых вагонов с использованием ЭВМ [Текст] : дис. ... канд. техн. наук / В. И. Букин. – Гомель: БелИИЖТ, 1976. – 226 с.
21. Разон, В. Ф. Повышение эффективности функционирования поточно-конвейерных линий ремонта грузовых вагонов в депо на основе обеспечения внутритактной синхронизации операций [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук / В. Ф. Разон. – М.: МИИТ, 1987. – 24 с.
22. Дударев, А. Е. Имитационное моделирование работы поточных линий для ремонта вагонов как многофазных систем массового обслуживания [Текст] / А. Е. Дударев, В. В. Мямлин. – Днепропетр. ин-т инж. ж.-д. трансп. – Д., 1985. – 16 с. – Деп. в ЦНИИТЭИ МПС 30.12.85, № 3406.
23. Дударев, А. Е. Применение имитационного моделирования для анализа функционирования поточных вагоноремонтных линий с гибкими связями между производственными участками [Текст] / А. Е. Дударев, В. В. Мямлин. – Днепропетр. ин-т инж. ж.-д. трансп. – Д., 1986. – 12 с. – Деп. в ЦНИИТЭИ МПС 30.05.86, № 3582.
24. Дударев, А. Е. Оптимизация структуры поточной вагоноремонтной линии с гибкими связями между производственными участками на стадии её проектирования путём расшивки узких мест [Текст] / А. Е. Дударев, В. В. Мямлин. – Днепропетр. ин-т инж. ж.-д. трансп. – Д., 1986. – 7 с. – Деп. в ЦНИИТЭИ МПС 30.05.86, № 3583.
25. Структуры и параметры гибкой организации вагоноремонтного процесса [Текст] / А. Е. Дударев [и др.] // Вопросы улучшения ходовых частей и обслуживания вагонов. – Д.: ДИИТ, 1987. – С. 65-69.
26. Мямлин, В. В. Использование ЭВМ для анализа функционирования различных поточных линий для ремонта вагонов [Текст] / В. В. Мямлин // Ж/д трансп. Сер. «Вагоны и вагонное хозяйство». Ремонт вагонов. – Вып. 1. – М.: ОИ / ЦНИИ ТЭИ МПС, 1989. – С. 1-11.
27. Мямлин, В. В. Совершенствование поточного метода ремонта вагонов за счёт гибкости транспортной системы между технологическими модулями [Текст] / В. В. Мямлин // Залізн. трансп. України. – 2008. – № 4. – С. 15-17.
28. Мямлин, В. В. Использование теории кусочно-линейных агрегатов для формализации работы ремонтных модулей поточной вагоноремонтной линии с гибкой транспортной системой [Текст] / В. В. Мямлин // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 24. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2008. – С. 44-48.
29. Мямлин, В. В. Схема кусочно-линейного агрегата как математическая модель функционирования технологических модулей асинхронного гибкого потока ремонта вагонов [Текст] / В. В. Мямлин // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 25. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2008. – С. 18-22.
30. Мямлин, В. В. Анализ основных параметров асинхронного гибкого потока ремонта вагонов и методы их расчёта [Текст] / В. В. Мямлин // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 26. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – С. 28-33.
31. Мямлин, В. В. Особенности взаимодействия между подсистемами асинхронного гибкого потока ремонта вагонов, формализованного в виде агрегативной системы [Текст] / В. В. Мямлин // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 27. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – С. 36-41.
32. Мямлин, В. В. Компонентные решения организационно-технологических структур перспективных вагоноремонтных депо с асинхронными гибкими потоками ремонта вагонов [Текст] / В. В. Мямлин // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 31. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 55-62.
33. Болотин, М. М. Новая технология ремонта вагонов [Текст] / М. М. Болотин, В. Г. Воротников // Ж/д трансп. – 1991. – № 9. – С. 29-33.
34. Автоматизированные системы обработки информации и гибкие технологии на ремонтных предприятиях [Текст] / М. М. Болотин [и др.] // Автоматизация и современные технологии. – 1992. – № 8. – С. 21-23.
35. Образование параметров и оснащение гибких поточных линий по ремонту вагонов [Текст] / В. Г. Воротников [и др.] // Автоматизация и современные технологии. – 1993. – № 3. – С. 3-5.
36. Котуранов, В. Н. Пути усиления вагоноремонтной базы [Текст] / В. Н. Котуранов, М. М. Болотин, С. Н. Муравьев // Ж/д трансп. – 1994. – № 11. – С. 54-56.
37. Вагонное хозяйство [Текст] / под ред. П. А. Устича. – М.: Маршрут, 2003. – 560 с.
38. Воротников, В. Г. Основные принципы моделирования процессов функционирования гибких производственных систем вагонных депо [Текст] / В. Г. Воротников, А. А. Денисенко // Безопасность движения поездов: Материалы восьмой науч.-практ. конф. (Москва, 01.11-02.11.2007). – М., 2007. – С. VI-3.
39. Воротников, В. Г. Перспективные направления повышения производственного потенциала вагонных депо [Текст] / В. Г. Воротников // Безопасность движения поездов: Материалы восьмой науч.-практ. конф. (Москва, 01.11-02.11.2007). – М., 2007. – С. VI-3 – VI-4.
40. Болотин, М. М. Моделирующие алгоритмы и автоматизация расчётов [Текст] / М. М. Болотин, В. Г. Воротников // Мир транспорта. – 2008. – № 3. – С. 100-109.

Поступила в редколлегию 24.05.2010.

Принята к печати 27.05.2010.