

В. В. МЯМЛИН (ДИИТ)

РОЛЬ ПОТОЧНЫХ МЕТОДОВ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ВАГОНРЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РОСТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА

Показано переваги потокової форми організації виробництва. Дано приклади становлення потоків у різних галузях промисловості. Представлено основні характеристики поточного виробництва. Відмічено важливу роль у розробці нових структур вагоноремонтних потоків, що сприяють підвищенню ефективності виробництва та росту продуктивності праці. Великі резерви в цьому напрямку вбачаються в розробці багато-предметних гнучких асинхронних систем з високим рівнем механізації та автоматизації технологічних процесів.

Ключові слова: ремонт вагонів, гнучкі потоки, продуктивність праці

Показаны преимущества поточной формы организации производства. Даны примеры становления потоков в различных отраслях промышленности. Представлены основные характеристики поточного производства. Отмечена важная роль в разработке новых структур вагоноремонтных потоков, способствующих повышению эффективности производства и росту производительности труда. Огромные резервы в этом направлении видятся в создании многопредметных гибких асинхронных систем с высоким уровнем механизации и автоматизации производства.

Ключевые слова: ремонт вагонов, гибкие потоки, производительность труда

The advantages of the line form of production organization are shown. The examples of forming the lines in different branches of industry are given. Main characteristics of line production are presented. An important role in the development of new structures of car repair lines promoting in production efficiency and labor productivity growth is emphasized. Huge reserves in this direction can be seen in creation of multi-subject flexible asynchronous systems with high level of production mechanization and automation.

Keywords: repair of cars, flexible flow lines, labor productivity

Наибольшее количество великих изобретений, созданных человечеством, относятся, как правило, к области техники. Исполон веков технические усовершенствования позволяли революционизировать производство, многократно повышая производительность труда. Но «изобретение», о котором в дальнейшем пойдет речь в данной статье, имеет совсем другую природу – оно не из области техники и является, по существу, тем, что сегодня принято называть научной организацией труда.

Оказалось, что эта область отношений, на которую долгое время не обращали должного внимания, таит в себе колоссальные возможности и может произвести в производстве революцию, равную по своему значению внедрению паровой машины или электрических моторов.

Поточные методы возникли в связи дифференциацией технологических операций при производстве изделий.

В своём втором правиле Декарт [1] писал, что необходимо «делить каждую из рассматриваемых мною трудностей на столько частей,

сколько потребуется, чтобы лучше их разрешить».

Сложная задача (технологический процесс) расчленяется на простые задачи, решения которых уже известны или легко находимые. Для повышения производительности труда каждая операция выполняется с применением специальных механизмов и оборудования.

Разделение всего технологического процесса на составляющие части позволяет значительно поднять производительность труда.

Пример, уже ставший хрестоматийным, приводил ещё Адам Смит при производстве булавок [2]. Рабочий, изготавливающий булавки самостоятельно (без специализации операций), может за день изготовить только одну булавку. Но, при специализации операций, когда «один рабочий тянет проволоку, другой выпрямляет её, третий обрезает, четвёртый заостряет конец, пятый обтачивает один конец для насаживания головки» значительно увеличивается производительность труда. Так, например, десять рабочих, специализированных на выполнении отдельных операций, могут за день изготовить 48000 булавок.

Впервые огромное значение правильной организации труда при массовом производстве автомобилей продемонстрировал на своих заводах выдающийся американский предприниматель и инженер Генри Форд [3 – 4].

Сила Форда заключалась в организации труда. Все процессы на его предприятиях, от отливки деталей до завинчивания ничтожной гайки, были рационализированы с таким совершенством, какого до него никто и никогда не достигал. Производственный поток двигался от источников сырья к готовой машине, нигде не поворачивая назад.

Первоначально на заводе в Хайленд-Парке сборка автомобилей производилась при помощи рабочих бригад, которые передвигались по цеху с ручными тележками и подвозили к каждому автомобилю соответствующие части для сборки. Сборочные бригады переходили от одного автомобиля к другому и таким путем собирали весь автомобиль от начала до конца.

В усовершенствованной системе Форд оставил рабочих неподвижными, а материалы стал провозить мимо них вручную. Вскоре была устроена короткая линия для окончательной сборки машин, где части перемещались мимо рабочих с помощью механической силы. Эта система по мере дальнейшего усовершенствования превратилась в конвейер. Впервые опыт со сборочным путем был произведен в апреле 1913 года на сборке магнето. До этого один рабочий в течение девяти часов рабочего дня мог собрать от 35 до 40 магнето, то есть затрачивал на каждое около 20 минут. После введения конвейера время, затрачиваемое на сборку одного магнето, сократилось до 13 минут. Несколько дней Форд простоял возле работающего конвейера, наблюдая за каждым движением рабочих. Он заметил, что сборщикам приходится нагибаться во время работы из-за того, что конвейер располагается слишком низко. Он остановил производство и велел поднять конвейер на 0,2 м. После этого время сборки одного магнето сократилось до 7 минут. Новые усовершенствования довели его до 5 минут. Не затрачивая средств на новые машины или материалы, одним только разложением процесса сборки на 45 простейших операций и передвижением материала мимо стоявших в достаточно удобной позе и неподвижных рабочих Форд добился поразительных результатов, увеличив производительность труда почти в 4 раза.

Вскоре конвейер был применен при сборке шасси. По старому способу сборка одного шасси требовала 12 часов 8 минут. Когда попробо-

вали разбить ее на несколько простых операций и устроили примитивный конвейер (с помощью каната и ворота шасси тянули мимо линии рабочих), сборка сократилась до 5 часов 50 минут. Форд продолжал совершенствовать конвейер. Приноравливаясь к среднему росту рабочих, он попробовал прокладывать сборные пути на разной высоте. Его инженеры трудились над раздроблением всех сложных процессов на составные части. Каждый рабочий должен был делать все меньше и меньше разнообразных движений руками. В результате всех этих усовершенствований время сборки одного шасси сократилось до 1 часа 33 минут. При этом процесс разделения труда был отлажен буквально до мелочей: если один рабочий вгонял болт, то гайку ставил другой, а третий завинчивал ее.

К негативной стороне такого процесса следует отнести то, что рабочий в фордовском производстве превратился в настоящий придаток машины. На конвейере во время работы он не мог сделать лишнего шага или движения. Инструменты его должны были располагаться так, чтобы ему не приходилось искать их или наклоняться за ними. Ритм сборки воздействовал сильнее самых суровых надсмотрщиков. Благодаря нему Форд добивался максимальных темпов, каких только можно было достичь без ущерба для качества работы.

Дальнейшим шагом на пути совершенствования поточных методов производства явились автоматизированные поточные линии. Но и это был ещё не предел. Простое совмещение станков-автоматов в единой поточной линии оказывалось часто экономически нецелесообразным. Это вызвано тем, что технологическая машина в процессе производства изделия совершает две основные и противоположные функции: технологическое движение (обработку заготовки) и транспортное движение (подачу заготовки в рабочую зону машины). Учитывая тот принцип, что поточная линия должна обладать качеством непрерывности технологического и транспортного движений академик Л. Н. Кошкин предложил решение, при котором обработка изделий производится в процессе их непрерывного транспортирования совместно с обрабатывающим инструментом. Таким образом, получили развитие роторные и роторно-конвейерные линии [5]. Впервые роторно-конвейерные линии были применены для литья термопластов и сборочных операций.

Как прогрессивная форма организации производственного процесса, поточный метод яв-

ляется важным фактором непрерывного роста и совершенствования производства на базе высшей техники в целях обеспечения максимального удовлетворения постоянно растущих материальных и культурных потребностей всего общества.

В поточном производстве в связи со значительным снижением трудоемкости продукции в результате механизации операций, использования высокопроизводительного оборудования, инструментов и приспособлений, а также специализации рабочих мест и их взаимной связанности возрастает производительность труда. Поточное производство создает предпосылки для сокращения брака и повышения качества продукции. Уже сама по себе прогрессивная технология, базирующаяся на широком применении специального оборудования и совершенных приспособлений, является значительным фактором сокращения брака и повышения качества продукции. Кроме того, большую роль играют устойчивые условия работы на каждом рабочем месте поточной линии. Поток дисциплинирует рабочих и повышает индивидуальную ответственность каждого из них за качество продукции. В силу сопряженности работы отдельных рабочих здесь чрезвычайно трудно скрыть брак.

В поточном производстве, в результате уменьшения длительности технологического цикла и доведения до минимума межоперационного времени, резко сокращается длительность производственного цикла.

Высокая экономическая эффективность поточного производства находит свое обобщающее выражение в относительно более низкой себестоимости продукции. Снижение трудоемкости изделий в поточном производстве обуславливает соответствующее уменьшение доли производственной зарплаты в себестоимости единицы продукции. Цеховые расходы хотя и возрастают по абсолютной своей величине в связи с повышением технического и организационного уровня производства, но по относительной величине на единицу продукции уменьшаются вследствие значительного увеличения общего выпуска продукции. Сокращаются также затраты на основные материалы в себестоимости единицы продукции, что является результатом уменьшения отходов материалов благодаря более совершенному технологическому процессу. Сокращение потерь от брака приводит также к снижению себестоимости единицы продукции. Таким образом, себестоимость продукции в поточном производстве

снижается по главнейшим ее составляющим.

Преимущества поточного метода производства обусловили интенсивное его внедрение в промышленность СССР. Широко были внедрены поточные методы в автомобильном, тракторном, сельскохозяйственном машиностроении, приборостроении, станкостроении, локомотиво- и вагоностроении, в обувной, швейной промышленности. На заводе «Калибр» было освоено производство микрометров поточным методом. Широко развито поточное производство инструмента на инструментальных заводах. Поточный метод производства в несколько отличном виде, чем в промышленности, применяется также в строительстве – на стройках жилых домов и промышленных зданий.

Требования к технологическим процессам, оборудованию и его комплексам обуславливаются целью создания машинной технологии. Эта работа должна основываться на решении ряда принципиальных вопросов: определении оптимального варианта технологического процесса и разделения линии на участки, вычислении количества потоков и подборе машин, выборе транспортных и перегружающих устройств, пространственном размещении оборудования линии и т.д. Все эти задачи должны быть решены так, чтобы при соблюдении всех требований к качеству продукции, издержки производства были бы наименьшими и, линия имела бы высокие технико-экономические показатели.

Нет никаких сомнений в том, что организация поточного производства является одним из величайших изобретений XX века, благодаря которому человечество за последние сто лет получило невиданный прирост материальных благ. С его повсеместным внедрением промышленность развитых стран как бы вышла на новый, качественно другой уровень и оказалась через несколько десятилетий готовой к внедрению новых высоких технологий – всеобъемлющей механизации, автоматизации и роботизации производства, то есть всего того, что принесла научно-техническая революция 50-90-х годов прошлого века.

Таким образом, мы видим, что поточное производство может отличаться большим разнообразием форм и огромной организационно-технической гибкостью.

Почему же до сих пор при ремонте вагонов используется только одна единственная форма поточного производства – жёсткая?

Остановимся подробнее на основных понятиях поточного производства в целом.

Под **структурой поточной линии** в общем случае следует понимать состав входящих в нее рабочих мест (технологических участков, позиций, модулей), транспортных средств, управляющих устройств (систем) и производственные взаимосвязи между ними. Наиболее сложной является структура поточного производства на уровне цеха (предприятия), под которой понимается состав поточных линий различного назначения, робототехнических комплексов, гибких автоматизированных модулей, транспортно-накопительных, управляющих и других систем и формы производственных взаимосвязей между ними.

Выбор типа оборудования для поточной линии предопределяется характером технологического процесса, составом, сложностью и назначением входящих в него операций; габаритами, массой изготавливаемого изделия и требованиями, предъявляемыми к его качеству.

Выбор рациональной структуры и компоновка являются важной предпосылкой разработки оптимальных планировок поточных линий.

Далее осуществляется **планировка поточной линии**, начиная её с разработки схем рабочих мест по всем операциям и выбора рациональных транспортных средств. В результате общей компоновки поточной линии определяется ее внешний контур, способ расстановки оборудования, расположение транспортных средств, средств промежуточного и окончательного контроля, мест для заделов. Планировка поточных линий должна, по возможности, обеспечивать **прямоточность** и наиболее короткий путь движения изделия, рациональное использование производственных площадей, удобство транспортировки заготовок и деталей к рабочим местам, к местам обслуживания и выполнения ремонтов.

Оценка оптимальности варианта **планировки линии** производится по таким технико-экономическим показателям, как доля площади, занятой непосредственно технологическим оборудованием, выпуск продукции, приходящийся на 1 м² производственной площади (1 производственный модуль).

Важным организующим структурным элементом поточного производства является транспорт. Учитывая многообразие различных факторов, в поточном производстве применяют средства периодического транспорта (краны, электрокары, тельферы и др.), бесприводные средства непрерывного транспорта (рольганги, скаты), приводные средства непрерывного

транспорта (ленточные, пластинчатые, цепные и другие транспортеры), роботизированные транспортные средства (промышленные роботы, различные транспортно-накопительные автоматизированные системы).

Выбор организационных форм поточных линий определяется тактом работы линии, степенью синхронизации операций технологического процесса, уровнем загрузки рабочих мест на линии.

По способу поддержания ритма различают линии с **регламентированным** и **свободным** ритмом. Линии с регламентированным ритмом характерны для непрерывно-поточного производства. Здесь ритм поддерживается с помощью конвейеров или сигнализации. Линии со свободным ритмом не имеют технических средств, строго регламентирующих ритм работы. Эти линии применяются при любых формах потока, и соблюдение ритма в этом случае возлагается непосредственно на работников данной линии.

Чтобы обеспечить единый такт или ритм поточной линии, при организации поточного производства осуществляется **синхронизация**, т.е. производительность выравнивается по всем операциям технологического процесса. Синхронизация означает достижение равенства или кратности времени выполнения операций технологического процесса установленному такту их работы и является важной предпосылкой непрерывного функционирования линий. К наиболее распространенным **способам синхронизации** относятся: расчленение операции на переходы и комбинирование различных вариантов порядка их выполнения или группирование переходов нескольких операций, концентрация операций, введение параллельных рабочих мест на операциях, длительность которых кратна такту, интенсификация режимов работы, совмещение времени выполнения нескольких переходов, рационализация рабочих приемов, совмещение времени машинной и ручной работы и др.

Технологические процессы вагоноремонтного производства характеризуются большим разнообразием, что вызывает определённые трудности в комплексной механизации и автоматизации.

Под **механизацией** технологических процессов понимается применение энергии неживой природы. Благодаря механизации можно заменить труд человека там, где непосредственно изменяется состав и строение объекта переработки, но рабочий должен принимать

непосредственное участие в управлении технологическим оборудованием, контролировать его работу, выполнять пуск, наладку и остановку оборудования.

Под **автоматизацией** технологических процессов понимается применение энергии неживой природы для выполнения и управления процессом без непосредственного участия людей. В автоматизированном технологическом процессе рабочий участвует в наладке и пуске оборудования только при нарушениях заданного режима эксплуатации оборудования.

Механизацию и **автоматизацию** технологических процессов проводят с целью замены тяжелого и монотонного физического труда, когда имеются вредные условия на предприятии и когда обеспечивается экономический эффект в результате повышения производительности труда и улучшения качества выпускаемой продукции.

Выбор оптимального варианта технологического процесса – сложный этап проектирования потока, поэтому он должен создаваться на основе заранее отработанных технологических процессов для каждого этапа производства.

Технологический процесс для потока следует предусматривать таким, чтобы в его составе было наименьшее возможное число ремонтных позиций и универсального оборудования. Это позволит разместить поток на наименьшей площади, что позволит уменьшить производственный объём здания, а также сократить затраты на оборудование, так как один сложный агрегат зачастую стоит меньше, чем несколько более простых.

Если продолжительности времени выполнения работ на позициях, входящих в общий поток, равны между собой, то можно применять сквозную однопоточную компоновку с транспортными устройствами, передающими полуфабрикат от одной позиции к другой, как это имеет место в машиностроении. Если же модули по продолжительности работ существенно отличаются друг от друга, то следует однозначно применять многопоточные линии с параллельной работой однотипных модулей в сходящихся или расходящихся потоках. Для этого необходимо применять специальные специальную компоновку позиций и трансбордерные тележки. В данном случае вследствие технологических причин возникнут независимые участки поточных линий. Каждый из участков должен иметь систему управления, связанную с другими участками, а также независимые системы автоматической транспортировки изделий

и их ориентации. Таким образом, поток с различной на его позициях продолжительностью рабочего цикла, по существу, представляет собой несколько последовательно-параллельных поточных линий, связанных друг с другом единым технологическим процессом.

При большом числе взаимосвязанных машин линию следует делить на участки с промежуточными накопителями так, чтобы время простоев, а, следовательно, и потери производительности на этих участках были одинаковыми. Количество, частота и причины простоев могут быть различными. Они зависят от конструктивного совершенства машин и степени надежности их работы, технического состояния, уровня организации производства и целого ряда случайных причин.

Таким образом, технологические линии состоят из комплексов оборудования. Компонование линии – это, прежде всего корректировка технологии, модернизация оборудования, создание средств управления технологическими процессами, связующими их в один большой процесс (технологическую систему), а не простое соединение машин и аппаратов в цепочку с помощью конвейеров разных типов.

Выбор предприятием на некоторый период времени стратегии процесса производства одного или нескольких изделий (составных частей изделий), ориентированный на продукт, дает ему возможность строить процессы, в полной мере отвечающие принципам рациональной организации производства. Речь идет об обеспечении непрерывного, прямого, ритмичного прохождения материальных потоков. Такое производство традиционно называют поточным производством.

Под поточным производством подразумевается форма организации производства, основанная на ритмичной повторяемости согласованных во времени технологических операций, выполняемых на специализированных рабочих местах, расположенных по ходу следования технологического процесса изготовления одного или нескольких изделий. Применение поточных методов обеспечивает высокую степень организации, а, следовательно, и эффективности производства. Очевидные преимущества поточного производства заставляют искать технические и организационные пути расширения областей его использования.

Основным структурным элементом поточного производства является **поточная линия**, которая представляет собой совокупность рабочих мест, расположенных строго по ходу

технологического процесса. Под **рабочим местом** будем подразумевать часть производственной площади, оснащенную всем необходимым для выполнения отдельных операций производственного процесса одним или группой рабочих.

Обычно в зависимости от имеющихся площадей планировка поточных линий может иметь различную конфигурацию: прямолинейную, круговую, П-, Г-, Z-образную и т.д. При этом исходят из соображений наиболее рационального использования производственных площадей объемов зданий, сокращения протяженности маршрутов движения транспортных средств и перемещения рабочих, обслуживающих несколько единиц оборудования или операций. В этом состоит проявление принципа **прямоточности**. Принцип **ритмичности** проявляется в ритмичном выпуске продукции с поточных линий и в ритмичном повторении работ на рабочих местах. На каждом рабочем месте поточной линии выполняется одна постоянно повторяющаяся операция или несколько сходных операций, чередующихся через определенные интервалы времени. Ритм является основополагающим параметром при расчете всех видов поточных линий.

Сформулируем основные преимущества поточного производства:

- **повышение производительности труда**, что является результатом механизации и автоматизации операций (включая транспортные), внедрения эффективных технологий и специальных быстродействующих средств технологического оснащения, оптимальной планировки рабочих мест, приобретения рабочими навыков выполнения повторяющихся операций;

- **сокращение длительности производственного цикла**, что становится возможным в результате специализации рабочих мест, бесперебойного их обслуживания в соответствии с ритмом, устранения перерывов в движении изделий по рабочим местам, сокращения расстояния и времени транспортировки, запараллеливания процессов и совмещения операций;

- **уменьшение заделов незавершенного производства и ускорение оборачиваемости оборотных средств** в результате сокращения длительности производственного цикла;

- **повышение качества продукции**, снижение брака как результат улучшения технологической и трудовой дисциплины, применение регламентированного специализированного обслуживания рабочих мест, технического обслуживания и ремонта оборудования, стандар-

тизации и контроля качества продукции;

- **снижение себестоимости продукции**, что является результатом всего комплекса мер по рациональной организации производственного процесса и сокращения затрат всех видов ресурсов.

Широкое распространение поточных методов производства объясняется их высокой эффективностью. В общем случае **поточным производством** называется прогрессивная форма организации производства, основанная на ритмичной повторяемости согласованных во времени основных и вспомогательных операций, выполняемых на специализированных рабочих местах, расположенных в последовательности технологического процесса.

Для поточного производства характерны следующие принципы организации производственного процесса, в первую очередь **принципы специализации, прямоточности, непрерывности, параллельности и ритмичности**.

Принцип специализации в условиях поточного производства воплощается в создании предметно-замкнутых участков в виде специализированных поточных линий, предназначенных для обработки одного закреплённого за данной линией изделия или нескольких технологически родственных изделий.

Поэтому каждое рабочее место линии должно быть специализировано на выполнении одной или нескольких закреплённых за ним операций.

При закреплении за линией одного изделия она называется **однопредметной**. Такие линии характерны для массового производства.

При закреплении за линией нескольких изделий (в чём может возникнуть необходимость при незначительной трудоёмкости обработки либо при небольших программных заданиях) линия является **многопредметной**. Такие линии характерны для серийного и массового производства. За многопредметными линиями изделия закрепляют с таким расчётом, чтобы их можно было обрабатывать с минимальными потерями времени на переналадку оборудования при достаточной загрузке рабочих мест и полном совпадении операций.

Принцип прямоточности предусматривает размещение оборудования и рабочих мест в порядке следования операций технологического процесса.

Первичным производственным участком является поточная линия. Различают **простую (жёсткую)** цепочку рабочих мест на линии, где на каждой операции имеется только одно

рабочее место (модуль), и *сложную (гибкую)* при наличии на операциях двух или нескольких мест-дублеров.

Принцип непрерывности на поточных линиях осуществляется в виде непрерывного движения изделий по операциям при непрерывной (без простоев) работе рабочих и оборудования.

Подобные линии называются **непрерывно-поточными**.

В тех случаях, когда равенство производительности на всех операциях отсутствует, полной непрерывности не достигается и такие линии являются **прерывно-поточными**.

Принцип параллельности применительно к поточным линиям проявляется в параллельном виде движения партий, при котором изделия передаются по операциям поштучно либо небольшими партиями. Следовательно, в каждый данный момент на линии обрабатывается несколько единиц данного изделия, находящихся на разных операциях процесса. При строгой пропорциональности достигается полная и равномерная загрузка рабочих мест на линии.

Принцип ритмичности в условиях поточного производства проявляется в ритмичном выпуске продукции с линии и в ритмичном повторении всех операций на каждом ее рабочем месте.

Для сборочного производства количество позиций на потоке зависит от производственной программы и продолжительности технологического цикла.

Существует три вида различных трудоёмкостей: **фактическая, технологическая и проектная**. **Фактическая трудоёмкость** – эта та трудоёмкость, которая имеется на существующих предприятиях. Фактические трудоёмкости на различных предприятиях могут отличаться друг от друга. Это зависит от принятой технологии, состава технологического оборудования, уровня механизации и автоматизации производства, мастерства исполнителей.

Технологической трудоёмкостью является самая низкая из фактических трудоёмкостей. Так, например, если на одном предприятии трудоёмкость ремонта вагонов составляет 60,5 чел.-ч, на другом 54,3 чел.-ч, а на третьем – 68,5 чел.-ч, то технологической трудоёмкостью будет 54,3, $Q_n = 54,3$ чел.-ч.

Под **проектной трудоёмкостью** понимается трудоёмкость, закладываемая в проект нового предприятия. Естественно, что **проектная трудоёмкость** должна быть ещё ниже **трудо-**

ёмкости технологической, $Q_n < Q_t$.

Поток в ремонтном производстве имеет свои особенности. Так, например, в вагоноремонтном производстве потоки имеют небольшое количество позиций. Учитывая, что во время технологических перемещений вагонов между позициями потока, ремонтные работы не производятся, то, таким образом, удлинится продолжительность производственного цикла. В связи с этим, естественно, чтобы количество перемещений было бы как можно меньшим. Поэтому и количество позиций тоже должно быть минимальным.

Обычно каждая позиция связана с технологическим оборудованием, при помощи которого выполняется основная часть ремонтных операций. Это могут быть машины разных типов: вагоноподъемные, моечные, окрасочные, сушильные, диагностическое оборудование, грузоподъемное оборудование, кантователи, конвейеры и т. п. Кроме того, на позиции могут осуществляться дополнительные работы, не требующие громоздкого технологического оборудования, а выполняемые вручную или с применением необходимой оснастки. Связанные, например, со снятием и постановкой автоцепных устройств, поглощающих аппаратов или крышек люков полувагонов и т.п.

Вагоноремонтные потоки, позиции которых не оборудованы специальным оборудованием, а только различаются комплексами операций, выполняемыми вручную, являются, по сути, формальными потоками.

Для вагоноремонтного производства нет нужды в сильной дифференциации технологических операций. Обычно весь технологический процесс дифференцируется на группы операций, имеющих привязку к специальному технологическому оборудованию.

В своё время при проектировании корпусов вагонных депо совершенно не было учтено то обстоятельство, что технологии меняются значительно быстрее, чем здания отслужат свой нормативный срок. В результате чего появились новые технологии, которые никак нельзя втиснуть в имеющиеся планировки уже построенных зданий. Но и строительные технологии тоже не стояли на месте, а развивались. И сейчас корпуса депо могут быть быстро сооружены из лёгких металлических конструкций. К тому следует учесть, что если в бытность Советского Союза на долю технологического оборудования приходилось 30...40 % от стоимости строительно-монтажных работ, то сейчас стоимость технологического оборудования в не-

сколько раз превышает стоимость строительную часть.

При *поточном методе* построения цехов происходит разделение участков на поточные линии. Поточные линии организуют или в виде отдельных поточных участков, специализированных на обработке одного или нескольких изделий, или в виде одной сквозной поточной линии. Поточные методы работы свойственны массовому производству.

Начальным звеном производственной структуры служит рабочее место. Расположение рабочих мест зависит от типа производства. Например, на поточных линиях они расположены по ходу технологического процесса и по времени связаны единым тактом потока. Где нет поточного метода организации производства, рабочие места размещают преимущественно по группам однотипного оборудования.

Компонование линии – это, прежде всего, корректировка технологии, модернизация оборудования, создание средств управления технологическими процессами, связующими их в один большой процесс (технологическую систему), а не простое соединение единиц оборудования в общую цепочку с помощью конвейеров разных типов.

Поточное производство создает предпосылки для сокращения брака и повышения качества продукции. Уже сама по себе прогрессивная технология, базирующаяся на широком применении специального оборудования и совершенных приспособлений, является значительным фактором сокращения брака и повышения качества продукции. Кроме того, большую роль играют устойчивые условия работы на каждом рабочем месте поточной линии. Поток дисциплинирует рабочих и повышает индивидуальную ответственность каждого из них за качество выполняемых работ. В силу сопряженности работы отдельных рабочих здесь чрезвычайно трудно скрыть брак.

В поточном производстве в результате уменьшения длительности технологического цикла и доведения до минимума межоперационного времени резко сокращается длительность производственного цикла.

Высокая экономическая эффективность поточного производства находит свое обобщающее выражение в относительно более низкой себестоимости продукции. Снижение трудоемкости изделий в поточном производстве обуславливает соответствующее уменьшение доли производственной зарплаты в себестоимости единицы продукции. Расходы хотя и возраста-

ют по абсолютной своей величине в связи с повышением технического и организационного уровня производства, но по относительной величине на единицу продукции уменьшаются вследствие значительного увеличения общего выпуска продукции. Сокращаются также затраты на основные материалы в себестоимости единицы продукции, что является результатом уменьшения отходов материалов благодаря более совершенному технологическому процессу. Сокращение потерь от брака приводит также к снижению себестоимости единицы продукции. Таким образом, себестоимость продукции в поточном производстве снижается по главным ее составляющим.

Требования к технологическим процессам, оборудованию и его комплексам обуславливаются целью создания машинной технологии. Эта работа должна основываться на решении ряда принципиальных вопросов: определении оптимального варианта технологического процесса и разделения потока на отдельные участки, подборе технологического оборудования, выборе транспортных устройств, пространственном размещении оборудования потока и т.п. Все эти задачи должны быть решены таким образом, чтобы при соблюдении всех требований к качеству продукции издержки производства были наименьшими и, поток имел бы высокие технико-экономические показатели.

Технологические процессы вагоноремонтного производства характеризуются большим разнообразием, что вызывает определённые трудности в комплексной механизации и автоматизации такого производства.

Прежде чем подбирать и проектировать оборудование поточных линий, необходимо определить не только типоразмеры предполагаемой к выпуску продукции, но и уровень специализации или универсальности линий, от которого, в значительной мере, будут зависеть конструкции машин. На предприятиях небольшой мощности, по-видимому, целесообразно устанавливать универсальные переналаживаемые линии. Крупные предприятия, напротив, желательно оснащать специализированными линиями, на каждой из которых можно будет выпускать изделия определенных типоразмеров. Необходимо принять во внимание, что стоимость переналаживаемой линии значительно выше, чем специализированной.

Для синхронизации работы оборудования поточной линии длительность отдельных технологических операций должна быть одинаково-

вая или кратная, а производительность машин должна быть выровнена.

Если машины, входящие в линию, имеют примерно одинаковую производительность, то можно применять сквозную однопоточную компоновку с транспортными устройствами, передающими полуфабрикат от одной машины к другой. Если же машины по производительности существенно отличаются друг от друга, то следует применять многопоточные линии с параллельной работой однотипных малопроизводительных машин в сходящихся или расходящихся потоках. Для этого необходимо применять специальные перегружающие и распределительные устройства и осуществлять специальную компоновку оборудования. В данном случае вследствие технологических причин возникнут независимые участки поточных линий. Каждый из участков должен иметь систему управления, связанную с другими участками, а также независимые системы автоматической транспортировки изделий и их ориентации. Таким образом, линия с различной в отдельных ее участках продолжительностью рабочего цикла, по существу, представляет собой несколько последовательных поточных линий, связанных друг с другом лишь общим для этих линий автоматическим управлением.

Помимо технологических факторов на компоновку линии часто влияет конфигурация цеха или здания, в которой предполагается размещение линий. Возможные повороты потока также вызывают необходимость введения дополнительных сопрягающих устройств и деления всей линии на отдельные участки.

Возможны отдельные случаи, когда разделение поточных линий на участки целесообразно, хотя это и сопряжено с усложнением и не является конструктивной неизбежностью. Так, при жесткой связи между машинами простой одной из них вызовут остановку всей линии; чем больше машин входит в линию, тем больше потерь производительности будет из-за простоев. Поэтому при большом числе взаимосвязанных машин иногда целесообразно создавать линию с нежесткой связью между машинами, разделив ее на независимые участки, и предусмотреть работу этих участков или в виде единого автоматизированного потока, или независимо друг от друга. Поместив между участками бункерные устройства или накопители с запасом полуфабрикатов или изделий, можно частично компенсировать простой участков, так как при простое одного участка остальные могут работать некоторое время за счет изделий,

имеющихся в бункерах. Однако эффективность такого разделения линии на участки уменьшается вследствие усложнения и удорожания ее механизмов. Поэтому деление линий на большое количество участков не всегда целесообразно.

На многих передовых авиаремонтных заводах внедрены пульсирующие конвейеры, обеспечивающие поточный метод ремонта большой номенклатуры агрегатов и приборов. На авиаремонтных заводах созданы доки для ремонта и внеангарные доки для технического обслуживания тяжелых самолетов.

Методы организации поточного производства в промышленности зависят от характера продукции и масштабов ее выпуска. Наиболее благоприятные условия для внедрения поточного метода имеются в массовом и крупносерийном производстве. На тех промышленных предприятиях, на которых изготавливаются изделия большой и разнообразной номенклатуры, нет необходимых организационных предпосылок для его широкого внедрения.

Серийное производство характеризуется изготовлением или ремонтом изделий периодически повторяющимися партиями. В зависимости от количества изделий в партии или серии и значения коэффициента закрепления операций различают мелко-, средне- и крупносерийное производство. Для мелкосерийного типа производства характерно применение универсального оборудования со специальными приспособлениями и инструментом. В условиях универсального мелкосерийного производства поточное требование невыполнимо и приводит к устаревшему методу индивидуального ремонта, при котором технологическая система производства может быть нарушена и организована в любом виде, приемлемом для данной бригады ремонтников. При индивидуальном методе ремонта нарушение увязки отдельных фаз производства и синхронизации работы не приводит к остановке производства в целом, как это имеет место при поточном методе ремонта, а вызывает только удлинение сроков ремонтируемых объектов.

Для средне- и крупносерийного производства свойственно применение поточного метода ремонта. Технологическое оборудование в условиях серийного производства размещается смешанно – по групповому и поточному принципам. Уровень квалификации рабочих колеблется в широких пределах и с возрастанием серийности понижается.

Однако в ремонтном производстве на широкое внедрение этого метода оказывают влияние многочисленные случайные факторы, присутствующие в ремонтной среде. Ремонт не может быть узкоспециализированным.

Автопредприятия, например, ремонтируют кузова автомобилей различных марок с неодинаковой изношенностью их узлов и деталей. Объемы работ на каждом кузове отличаются друг от друга и в большинстве случаев не могут быть определены заранее. Однако, несмотря на различия и особенности в конструкции кузовов, основные условия организации поточного метода ремонта являются общими для всех авторемонтных заводов. К общим условиям организации ремонта относятся все подготовительные работы, оборудование рабочих мест. В США организованы также специализированный ремонт кузовов и окраска автомобилей поточным методом, несмотря на то что многие специалисты за рубежом считают, будто при поточном методе ремонта кузова и окраски автомобиля нельзя обеспечить высокое качество ремонтных работ и, в связи с этим, хорошие заработки.

Успешное освоение во многих локомотивных депо железных дорог агрегатного метода ремонта тепловозов позволило сделать следующий и решающий шаг по пути развития индустриальной системы деповского ремонта тепловозов, а именно – перейти к поточному методу ремонта.

То же самое касается и ремонта вагонов. Вагоноремонтное производство имеет свои нюансы. Самая большая проблема, которая появляется при организации поточного вагоноремонтного производства в депо, – это синхронизация времени выполнения ремонтных работ на позициях поточной линии. Для соблюдения такта необходимо, чтобы выполнение ремонтных операций на всех позициях оканчивалось одновременно. Вместе с тем, из-за стохастического характера времени выполнения ремонтных работ, имеющего разброс в довольно широком диапазоне даже для одного типа вагонов, эта задача не может быть решена в принципе.

Поэтому простое копирование поточных методов из машиностроения и приборостроения для использования их в ремонтном производстве нецелесообразно. Большая перспектива здесь видится в создании асинхронных многопредметных гибких потоков.

Асинхронность потока свидетельствует о том, что вагоны перемещаются с одной позиции на другую не все одновременно, через регламентированные промежутки времени, а по

очередно – по мере необходимости и возможности.

Все преимущества асинхронных гибких потоков и методы их проектирования представлены в работах [6 – 13]. Для вагоноремонтного производства такие потоки являются наиболее приемлемыми.

Среди факторов, влияющих на эффективность производства, одно из важнейших мест отводится росту производительности труда. Применительно к вагонному хозяйству это хорошо показано в работах [14 – 15].

Суть роста производительности труда заключается в том, что доля живого труда в производстве продукции сокращается, а доля овеществленного труда (материалы, электроэнергия, топливо) увеличивается. При этом общая сумма труда, использованная для производства товара, снижается.

Основная мера функциональной полезности и эффективности потока – его **производительность**, а гарантия достижения высокой эксплуатационной производительности – надежность оборудования и правильная конструкции линии.

Под производительностью технологического потока следует понимать способность его перерабатывать или выпускать то или иное количество продукции за определенный промежуток времени. Как правило, различают три вида производительности: техническую $P_{\text{техн}}$, теоретическую $P_{\text{теор}}$ и эксплуатационную $P_{\text{эксп}}$.

Техническая производительность характеризует технические возможности потока, обусловленные технологическим процессом и конструкцией оборудования. При определении технической производительности принимают в расчет количество переработанной или выпущенной продукции, длительность непосредственной работы оборудования, а также дополнительные затраты рабочего времени, необходимые для успешного функционирования оборудования. Дополнительные затраты зависят от конструктивных особенностей оборудования, они предусмотрены технической документацией и учитывают наличие регламентированных возвратных отходов, дефектной продукции и потерь сырья, а также необходимость дополнительных затрат времени на выполнение вспомогательных операций и обслуживание оборудования.

Техническая производительность – главный технико-экономический показатель технологического оборудования. По значению этого показателя, прежде всего, решают вопрос,

можно ли использовать конкретное технологическое оборудование в составе проектируемого потока. При создании новой потока значение технической производительности устанавливает заказчик, и она указывается в исходных требованиях и техническом задании. По значению этой производительности при проектировании потока необходимо рассчитать **теоретическую производительность** как генерального потока в целом, так и его составных участков.

Теоретическую производительность рассчитывают по количеству выпущенной продукции за период непосредственной работы оборудования без учета дополнительных затрат рабочего времени. **Теоретическая производительность** – важнейшая характеристика любой конструкции. Поэтому в процессе разработки линии важно проанализировать взаимосвязь между заданной технической производительностью и проектируемой, теоретической производительностью.

Эксплуатационная производительность поточной линии определяется эксплуатационной производительностью последнего участка или последнего оборудования, которые помимо собственных простоев могут иметь простои, вызываемые простоями предыдущих участков линии.

В поточных линиях с жесткой связью между позициями продолжительность простоя всей линии равна продолжительности самого длительного простоя одной из позиций.

Для предприятий вагонного хозяйства принято определять производительность по эффективности живого труда, а экономия овеществленного труда проявляется в величине себестоимости продукции.

Развитие производства может осуществляться за счёт следующих направлений: использование достижений научно-технического прогресса в виде более производительного оборудования, инструментов, материалов, инновационных технологических процессов.

Рост производительности труда зависит от целого ряда факторов, которые можно условно разбить на три группы:

- **материально-технические**, зависящие от уровня развития и степени использования средств производства (орудий труда), новых технологий, материалов, сырья и энергоресурсов;

- **организационно-экономические**, регламентирующие научную организацию производства, управления и труда;

- **социально-психологические**, зависящие от квалификации работников, их состава, условий труда, трудовой дисциплины, уровня производственной культуры, оплаты труда, морально-психологического климата в коллективе, состояния условий быта.

Рост производительности труда на вагоноремонтных предприятиях может проявляться в следующих видах:

- увеличение объёма продукции, выпускаемой в единицу времени при неизменном ее качестве;

- повышение качества продукции при неизменном её объёме, создаваемой в единицу времени;

- сокращение затрат труда на единицу выпускаемой продукции;

- уменьшение доли затрат труда в себестоимости продукции;

- сокращение времени производственного цикла.

Производительность гибкого потока представляет собой комплексный показатель, учитывающий технические, технологические, организационные, социальные, экономические показатели. Для гибкого потока следует рассматривать производительность в двух аспектах: в виде производительности труда работников предприятия и оборудования на отдельных позициях и в виде пропускной способности самого потока в целом.

Производительность труда (**ПТ**) – довольно ёмкое экономическое понятие. Согласно [16] основную формулу производительности труда в общем виде можно представить следующим образом:

$$ПТ = \frac{\text{Выпуск}}{\text{Затраты}},$$

где **Выпуск** - объём выпущенной продукции;

Затраты – затраты живого труда, капиталовложения, текущие материальные затраты, услуги со стороны.

Таким образом, производительность труда является интегрированным показателем, зависящим от всевозможных используемых ресурсов.

В зависимости от используемого ресурса может быть получено несколько значений производительности труда. Теоретически число таких показателей равно количеству ресурсов. Как правило, на практике используют три основных показателя:

$$ПТ = \frac{\text{Объём продукции}}{\text{Затраты живого труда}},$$

$$ПТ = \frac{\text{Объём продукции}}{\text{Затраты основного капитала}},$$

$$ПТ = \frac{\text{Объём продукции}}{\text{Текущие материальные затраты}}.$$

Таким образом, величина производительности труда прямо пропорциональна объёму выпускаемой продукции. А объём продукции напрямую зависит от пропускной способности вагоноремонтного потока.

Учитывая, что пропускная способность гибкого асинхронного вагоноремонтного потока примерно на 30...35 % больше пропускной способности потока жёсткого при прочих равных условиях, то можно сделать вывод, что гибкие потоки являются более производительными, а следовательно, и более эффективными.

Одним из возможных методов повышения эффективности вагоноремонтных предприятий может стать интеграция вагоносборочного и вагоноремонтного производства в одно целое. Было бы целесообразно, если бы и ремонт вагонов и их сборкой занималось бы одно и то же предприятие. Тогда бы строители уделяли бы больше внимание конструкции вагонов с точки зрения её ремонтпригодности. Особенно ярко этот синтез мог бы проявить себя именно при гибких многопредметных асинхронных потоках. К тому же это очень актуально в период спада экономики и сокращения объёмов перевозок. В случае временного отсутствия объектов ремонта предприятие могло бы переключаться на сборку новых вагонов на тех же самых площадях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Декарт, Р. Соч. в 2-х тт. [Текст] / Р. Декарт. – Т. 1. – М.: Мысль, 1989. – 654 с.
2. Смит, А. Исследование о природе и причинах богатства народов [Текст] / А. Смит. – М.: Эксмо, 2009. – 960 с.
3. Форд, Г. Моя жизнь, мои достижения [Текст] / Г. Форд. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 206 с.
4. Форд, Г. Сегодня и завтра [Текст] / Г. Форд. – М.: Финансы и статистика, 1992. – 239 с.
5. Кошкин, Л. Н. Роторные и роторно-конвейерные линии завтра [Текст] / Л. Н. Кошкин. – М.: Машиностроение, 1986. – 320 с.
6. Мямлин, В. В. Использование ЭВМ для анализа функционирования различных поточных линий для ремонта вагонов [Текст] / В. В. Мямлин // Ж/д трансп. Серия «Вагоны и вагонное хозяйство». Ремонт вагонов. – Вып. 1. – М.: ОИ /

- ЦНИИ ТЭИ МПС, 1989. – С. 1-11.
7. Мямлин, В. В. Совершенствование поточного метода ремонта вагонов за счёт гибкости транспортной системы между технологическими модулями [Текст] / В. В. Мямлин // Заліз. трансп. України. – 2008. – № 4. – С. 15-17.
8. 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 заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 24. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2008. – С. 44-48.
9. 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 заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 25. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2008. – С. 18-22.
10. Мямлин, В. В. Анализ основных параметров асинхронного гибкого потока ремонта вагонов и методы их расчёта [Текст] / В. В. Мямлин // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 26. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – С. 28-33.
11. 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 заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 27. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – С. 36-41.
12. 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 заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 31. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 55-62.
13. Мямлин, В. В. Ретроспективный анализ методов организации ремонта грузовых вагонов в депо и пути их дальнейшего развития [Текст] / В. В. Мямлин // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 34. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 51-60.
14. Осадчук, Г. И. Научно-технический прогресс и экономика вагонного хозяйства [Текст] / Г. И. Осадчук, Ч. У. Березнякова, С. А. Покровский. – М.: Транспорт, 1984. – 79 с.
15. Скиба, И. Ф. Поточный метод ремонта вагонов на заводах [Текст] / И. Ф. Скиба. – М.: Гос-транжелдориздат, 1950. – 247 с.
16. Зубов, В. М. Как измеряется производительность труда в США [Текст] / В. М. Зубов. – М.: Финансы и статистика, 1990. – 144 с.

Поступила в редколлегию 15.11.2010.

Принята к печати 17.11.2010.