

УДК 621.001(045)

М. А. Разживина, аспирант
А. И. Коршунов, доктор технических наук, профессор
Э. В. Алиев, кандидат технических наук

ВНЕДРЕНИЕ QRM КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ В ЕДИНИЧНОМ И МЕЛКОСЕРИЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Статья посвящена анализу характерных особенностей концепции быстрореагирующего производства, обеспечивающей повышение эффективности функционирования производственных систем. Применение данной концепции обеспечивает наиболее значительные результаты применительно к единичному и мелкосерийному производству, ориентированному непосредственно на удовлетворение потребностей конечного потребителя производимой продукции. Рассматриваются некоторые аспекты взаимодействия данной концепции с информационными системами, применяемыми для управления производством.

Ключевые слова: быстрореагирующее производство, производственная ячейка, эффективность производства, критический путь производства.

Машиностроение в России является одной из наиболее распространенных в территориальном отношении отраслей промышленности. На его долю приходится около 20 % объема производимой продукции в общем объеме продукции всей обрабатывающей промышленности [1]. Развитие машиностроительной отрасли вносит существенный вклад в научно-технический прогресс и определяет конкурентные условия для большинства отраслей промышленности. На современных крупных промышленных предприятиях с каждым годом растет потребность в технологическом электротранспорте, который применяется для перевозки грузов внутри цехов. Востребованность в данном виде транспорта связана с его универсальностью, обусловленной гибкостью и внешней простотой управления. Наибольшую распространенность приобрели электротягачи (самоходные электротележки). На сегодняшний день в рамках реализации курса на импортозамещение и выполнения государственной программы Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» (постановление от 15 апреля 2014 г. № 328) стоит задача по проведению комплекса исследований для создания и организации производства принципиально новых машин технологического электротранспорта с расширенным функционалом. В современных рыночных условиях потребности покупателя имеют наиболее высокий приоритет. Как правило, у каждого имеются свои требования и свое видение конечного продукта, что служит причиной разнообразия ассортимента и номенклатуры продукции и ориентирует предприятия на выпуск продукции мелкими партиями либо по индивидуальному заказу. Для сохранения лидирующих позиций и обеспечения развития предприятиям необходимо быть гибкими и быстро реагировать на изменения в деловой среде. С этой целью применяются новейшие системы организации производства, современные высокопроизводительные станки, автоматизированные системы управления и планирования деятельности и пр. В последнее десятилетие среди множества стратегий управления производством стала выделяться QRM (Quick Response

Manufacturing), что в переводе означает быстрореагирующее производство [2].

Основным параметром, мерилем данной стратегии, выступает время. Целью всех действий, диктуемых методологией QRM, является сокращение времени выполнения заказа. На это направлены ресурсы всех операций компании, как внутренних, так и внешних. Одним из родоначальников и идеологов стратегии является американский ученый, профессор Висконсинского университета Раджан Сури. Согласно мнению Р. Сури [3], являющегося автором данной концепции, на сегодняшний день такие известные системы организации и управления производством, как бережливое производство, научная организация труда Тейлора, конвейерная система Форда, не в состоянии удовлетворить потребности сложившейся экономической ситуации. Они предназначены для массового производства одного и того же вида продукта с минимальными изменениями в конструкции и технологии. Сегодня отмечается тенденция к увеличению ассортимента и налаживанию выпуска изделий по индивидуальным заказам при сохранении большого объема выпускаемой продукции.

При традиционном подходе к управлению производством увеличение объемов выпускаемой продукции и сокращение сроков изготовления достигается, как правило, путем большей загрузки мощностей, созданием запасов, применением новых методов производства. Предприятие становится консервативным, его возможности расширения круга клиентуры и овладения новыми рынками оказываются ограниченными. В конечном счете, это затрудняет проведение эффективной и выгодной ценовой и технической политики. Стратегия QRM направлена на сокращение того периода операции, когда не происходит никаких действий и работ над изделием [4]. Первым шагом применения QRM стратегии к организации производства выпуска машин технологического электротранспорта будет вычисление критического пути производства (КПП). Значение КПП не требуется вычислять со 100%-й точностью, поскольку он используется только как индикатор существования периодов производства, доступных для оптимизации и улучшения. После того как КПП будет вычислен,

планируется провести преобразование организации в части производства электротележек в ячеистую структуру.

Ячеистая структура QRM предполагает уход от функциональных отделов, от эффективности и максимального использования каждого ресурса к сокращению КПП. В ячейке сосредоточен весь набор последовательных операций для обеспечения непрерывности продвижения заказа и ее автономности. Все мощности подобраны и размещены таким образом, чтобы обеспечить выполнение обширного набора операций одной ячейкой. Работники ячейки имеют широкую специализацию. При создании ячейки происходит поиск вариантов по подбору и размещению мощностей наилучшим образом для обеспечения возможности выполнения как можно большего набора операций одной ячейкой. Отсутствие «узких мест» в QRM-ячейке обеспечивается применением следующих стратегий:

1. Независимость команд подразумевает возможность сотрудников самим строить свою работу, реализуя управление снизу вверх. Руководство не вмешивается в деятельность команд и не стремится нагрузить простаивающий ресурс. В противном случае ячейка потеряет самостоятельность и не сможет планировать использование ресурсов.

2. Многофункциональность членов команды. Обучение смежным профессиям позволяет обеспечить взаимозаменяемость, тем самым устранить «узкие места» процессов, разнообразить работу и исключить монотонность труда. Решение по обучению и подбору персонала ячейки осуществляется при помощи построения матрицы обучения смежным специальностям.

3. Выбор показателя. Введение индекса QRM позволяет отразить сокращение КПП и одновременно стимулировать команду. Индекс вычисляется как отношение КПП базового периода к КПП текущего периода. Индекс QRM имеет нелинейную зависимость от КПП, применим для оценки результативности команд как внутри компании, так и поставщиков, а также учитывает тот факт, что последующие улучшения проводить труднее, чем предыдущие.

4. Подход QRM к планированию мощностей. Применение принципов системной динамики:

- стратегическое планирование резервной мощности;
- снижение изменчивости интервалов поступления заданий и времени выполнения;
- перевод работ из последовательных в перекрывающиеся или параллельные;
- минимизация размера партии.

Согласно принципу QRM, планируемая загрузка мощностей должна быть не более 75–85 %. При расчете загрузки, в отличие от традиционного подхода,

также учитывается время, в течение которого станок находится на техническом обслуживании.

В стратегии QRM, так же как и в концепции бережливого производства [5], существует понятие такта потока – это время, требуемое ресурсу для завершения предыдущей работы, начала новой, ее выполнения и завершения. Его определение позволит выявить тот ресурс, который существенно влияет на КПП.

Поскольку большую часть времени производственного процесса детали проводят в очереди к тому или иному ресурсу, в стратегии QRM вводится показатель, отражающий и усиливающий эффект использования ресурса (1), который укажет на ресурсы, создающие очереди:

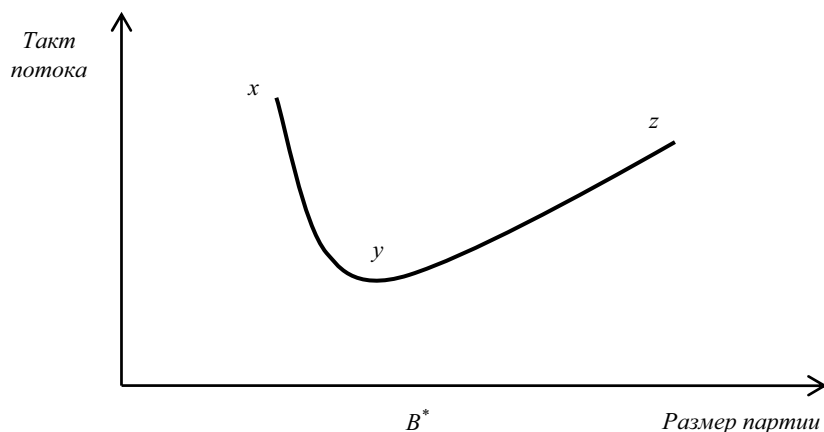
$$F = \frac{P}{1-P}, \quad (1)$$

где F – усиливающий эффект использования ресурса; P – процент использования ресурса.

Чем больше используется ресурс, тем больше усиливающий эффект. Практически 100%-е использование ресурса устремляет значение F в бесконечность. Большое значение данного показателя свидетельствует об отсутствии свободной мощности и необходимости ее увеличения за счет:

- инвестирования в свободную мощность;
- снижения времени настроек;
- снижения времени выполнения операций;
- уменьшения процента переделок и брака;
- найма на работу дополнительных сотрудников;
- уменьшения объема работы на склад и пр.

Также для устранения «узких мест» производства технологического электротранспорта необходимо обоснованно спланировать размер партии. Как правило, производственный процесс аккумулирует не один вид ресурса и у каждого из них своя производительность. Когда один из ресурсов закончили использовать для обработки партии деталей, то на другом, возможно, еще не приступили к обработке предыдущей, поэтому требуется определить оптимальный размер партии B^* . На рисунке представлен график зависимости такта потока от размера партии. Положение в точке z говорит о наличии больших размеров партий, которые увеличивают такт потока за счет создания очередей и блокируют возможность быстрого реагирования. Уменьшая размер партии, мы уменьшаем такт потока, но только до определенного момента y , так как увеличивается общее время настройки ресурса. При дальнейшем уменьшении размера партии (точка x) почти все время производства отводится на настройку ресурса и мощностей на изготовление продукции не остается, соответственно, такт потока возрастает [6].



Общий вид, зависимость такта потока и размера партии

Для определения оптимального размера партии Р. Сури в своей книге предлагает несколько способов [7]:

1. Экспериментальным путем установить оптимум.
2. Вычисление по формуле (2) на основе замеренных параметров.

$$B^* = \frac{S \cdot Q (U_R + U_R \cdot (1 - U_2))}{H \cdot U_R \cdot (1 - U_2 - U_R)}, \quad (2)$$

где S – среднее время настройки ресурса; Q – общее количество деталей, произведенных ресурсом за период; H – общее плановое рабочее время за период; U_R – отношение общего времени работы ресурса к общему плановому рабочему времени за период; U_2 – отношение общего времени, за исключением времени работы ресурса и времени его настройки к общему плановому рабочему времени ресурса за период.

3. Сбор и анализ данных по ресурсу для составления адекватного прогноза.

4. Применение динамического моделирования.

Большинству компаний достаточно использовать первые три метода для снижения КПП. Размер партии определяется после создания ячейки. Если уменьшение размера партии не привело к устранению «узких мест», то можно применить метод сокращения времени настроек, который, стоит отметить, практикуется не только в стратегии QRM. Но применение к нему принципа системной динамики позволяет по-иному взглянуть на КПП.

Применение лишь стратегии QRM не достаточно для создания конкурентоспособного производства. На предприятиях для планирования материально-технических потребностей и составления календарного плана применяются MRP (MRP II, ERP) системы. Несмотря на внушительный набор функций, они не могут сократить КПП. Причиной этому является логика планирования, использованная в системах: она всегда планирует производство, основываясь на худшем. Но QRM-стратегия не предполагает отказ от MRP-систем, она требует только изменение менталитета ее применения. Системы такого уровня будут использоваться после создания ячеистой структуры и

должны работать на уровне ячеек QRM, которые и будут являться главным потребителем ее функционала. Также систему MRP планируется дополнить подходом POLCA (Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization) – стратегия контроля над материалами, которая реализуется как организация накладывающихся друг на друга циклов взаимодействия попарно соединенных ячеек при помощи карточек авторизации. Можно провести аналогию с карточным принципом системы Канбан за единственным исключением: в подходе POLCA вернувшаяся в ячейку карточка свидетельствует о свободной мощности, в системе Канбан это является сигналом пополнения запаса. Подход POLCA не заменяет систему MRP, а дополняет ее и гарантирует лучшее использование мощностей и снижение запасов.

После того как работа на предприятии будет отлажена в соответствии с принципами QRM, планируется мотивировать поставщиков к сокращению КПП и переходу к поставкам небольшими партиями, что снизит затраты, улучшит качество и уменьшит время выполнения заказа. В долгосрочной перспективе затраты, качество и своевременность поставки зависят от КПП поставщика.

Аккумулируя все вышеизложенное повествование, план внедрения стратегии QRM для организации производства унифицированной машины технологического электротранспорта можно представить в следующем виде:

1. Принятие высшим менеджментом решения о внедрении QRM-стратегии. Создание команды по внедрению QRM стратегии (комитет из топ-менеджеров, ответственный за реализацию QRM, команда планирования, команда проекта). Проведение базового обучения и инструктажа по основным принципам QRM-стратегии.

2. Предварительный анализ. Сбор информации и анализ существующей системы организации производства на предприятии.

3. Организация ячейки по производству УМТЭТ.

3.1. Определение требуемых мощностей и ресурсов с учетом оптимальной загрузки. Обеспечение независимости мощностей и ресурсов ячейки.

3.2. Определение оптимального размера партии.

3.3. Размещение мощностей и ресурсов наиболее удачным образом.

3.4. Организация необходимой информационной поддержки.

3.5. Проведение командой проекта мозгового штурма для предоставления рекомендаций руководству предприятия и оценки выгоды с точки зрения затрат при внедрении QRM.

4. Сбор данных об изделии пилотного проекта по изготовлению УМТЭТ.

4.1. Подробная детализация жизненного цикла изделия (ЖЦИ). Карты процессов.

4.2. Разделение комплектующих элементов изделия на покупные и производимые на предприятии. Выделение из покупных изделий типовых и унифицированных.

4.3. Измерение времени каждой операции этапа ЖЦИ и сравнение его с установленным нормативом. Расчет КПП с учетом ограничения области расчета (расчет времени изготовления, всей партии изделий, не учитывая некритичные компоненты). Расчет времени реальной работы, исходя из производства одной единицы изделия. Построение карты КПП.

4.4. Анализ карты КПП. Выделение операций с самым большим отклонением от норматива. Проведение анализа причин отклонений.

4.5. Анализ возможностей применения методов и инструментов действующей системы качества для сокращения КПП изделия пилотного проекта.

5. Сбор и анализ данных о функционировании ячейки QRM.

5.1. Расчет КПП ячейки. Внедрение индекса QRM.

5.2. Сравнение рассчитанного первоначального значения КПП с КПП, рассчитанным после улучшений (изменений).

5.3. Поиск «узких мест» в ЖЦИ.

5.4. Применение системы POLCA для функционирования ячейки.

Деятельность в рамках плана позволяет обоснованно проводить все мероприятия по внедрению QRM-стратегии, координировать и планировать ход реализации процесса.

Преимуществом и одним из основных посылов к применению QRM стратегии на современных предприятиях является ее универсальность, мелкосерийная и единичная направленность, а также возможность использования последних технологий и усо-

вершенствованных процессов производства за счет сокращения времени выпуска нового продукта. Подход QRM сравнительно недавно начал применяться, но уже хорошо себя зарекомендовал. Возможность его интеграции с другими системами делает предприятие гибким и конкурентоспособным, а единичная направленность соответствует последним требованиям рынка.

Таким образом, планируется реализовать ячеистую структуру для организации производства технологического электротранспорта, применяя принципы стратегии QRM и используя информационную поддержку внедренной на предприятии ERP-системы. Путем совместного их применения и достижения синергетического эффекта от их интеграции предполагается достичь сокращения времени выпуска готовых изделий на 30 %, повышения качества продукции и возможность расширения модификаций изделий. Организация выпуска электротележки с применением ячеистой структуры станет первым шагом к модернизации предприятия, развитию его гибкости и конкурентоспособности.

Библиографические ссылки

1. Федеральная служба государственной статистики: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gks.ru/>. (Дата обращения 17.10.2016 г.)
2. QRM Russia: [Электронный ресурс]. – URL: <http://qmrussia.ru> (Дата обращения 17.10.2016 г.)
3. Сури Р. Время – деньги. Конкурентное преимущество быстрореагирующего производства / пер. с англ. В. В. Дедюхина. – 2-е изд. (эл.). – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – 326 с. : ил.
4. Сури Р. Заглядывать дальше бережливого производства: время – деньги. [Электронный ресурс] // QRM – быстрореагирующее производство : сб. статей. – Пермь, 2016. – URL: <http://qmrussia.ru/index.php/publications/55-qrm-qrm-lean-qrm-2016> (дата обращения 17.10.2016 г.)
5. Разживина М. А., Якимович Б. А., Коршунов А. И. Концепция бережливого производства – особый «генетический код» // Вестник ИжГТУ. – 2014. – № 4 (64). – С. 139–143.
6. Сури Р. Время – деньги. Конкурентное преимущество быстрореагирующего производства / пер. с англ. В. В. Дедюхина. – 2-е изд. (эл.). – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – 326 с. : ил.
7. Сури Р. Время – деньги. Конкурентное преимущество быстрореагирующего производства / пер. с англ. В. В. Дедюхина. – 2-е изд. (эл.). – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – 326 с. : ил.

M. A. Razzhivina, Post-graduate, Kalashnikov ISTU

A. I. Korshunov, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU

E. V. Aliev, PhD in Engineering, Kalashnikov ISTU

QRM Implementation as a Way to Increase the Efficiency in Single and Small Batch Production

The article is devoted to analysis of the characteristics of the concept of quick response manufacturing, providing an increase in the efficiency of industrial systems functioning. The application of this concept provides the most significant results for single and small batch production, focused directly on the needs of the consumer of final products. It is dealt with some aspects of interaction of this concept with information systems used to control production.

Keywords: quick response manufacturing, work cell, production efficiency, critical path of production.

Получено: 01.12.16