

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2019, №6, Том 11 / 2019, No 6, Vol 11 <https://esj.today/issue-6-2019.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/16SAVN619.pdf>

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Кужанбаев Р.Т. Особенности планирования и управления мультисерийным производством // Вестник Евразийской науки, 2019 №6, <https://esj.today/PDF/16SAVN619.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

**For citation:**

Kuzhanbaev R.T. (2019). Features of planning and management of multi-series production. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 6(11). Available at: <https://esj.today/PDF/16SAVN619.pdf> (in Russian)

УДК 658.5

ГРНТИ 06.81.12

**Кужанбаев Рустам Тауфихович**

ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева»  
Самара, Россия  
Аспирант  
E-mail: [Rustam\\_Zvuk@mail.ru](mailto:Rustam_Zvuk@mail.ru)

## **Особенности планирования и управления мультисерийным производством**

**Аннотация.** Современная промышленная практика наглядно показывает, что наиболее конкурентоспособными предприятиями являются, чаще всего, именно те, в которых в качестве основного критерия оценки качества управленческого решения является последующее заметное повышение стоимости бизнеса. Кроме этого, сегодня процесс преобразования и совершенствования технологических процессов коснулся многих сфер, не стали исключением и предприятия машиностроительного комплекса.

В статье приведен обзор таких типов производств в машиностроении, как массовое, единичное, серийное и опытное. Обозначены их сущность, характерные черты и отличительные особенности.

В современной производственной практике все чаще можно встретить мультисерийное производство. На формулировке и описании данного типа производства в статье сделан особый акцент: выявлены характеристики и специфика, прослежены его ключевые отличительные особенности от других типов производств.

В том числе, автором выявлены основные проблемы, с которыми приходится столкнуться в рамках внедрения нового типа организации производства, и описаны структурные преобразования, происходящие при переходе к мультисерийному производству. Для разрешения имеющихся проблем предлагается модель по управлению мультисерийным производством, а также трёхуровневая модель планирования в рамках мультисерийного производства.

Кроме этого, дается описание модели тактического и оперативного планирования в рамках системы генерации стратегий предприятия, работающего в условиях мультисерийного производства. Предложенная модель выступает в качестве базы для принятия решений в сфере управления предприятием, с возможностями проведения мониторинга и осуществления оперативной коррекции в прямой зависимости от достигнутых предприятием результатов.

Практическая значимость работы определяется возможностью использования рекомендаций по организации мультисерийного производства промышленными предприятиями как машиностроительного комплекса, так и иных профилей.

**Ключевые слова:** массовое производство; математические методы; машиностроение; моделирование; мультисерийное оперативное планирование; производство; планирование; промышленность; серийное производство; тактическая модель планирования; типы производств; управление; экспериментальное производство

## Введение

В настоящее время машиностроительный комплекс являет собой значимый сектор промышленности, который обеспечивает ее качественные изменения и одновременно выполняет роль технологического ядра [6]. Кроме этого, машиностроение в рамках одной страны и в мире в целом определяет перспективы индустрии. При этом на долю данной отрасли в развитых странах приходится более 1/3 от общего объема промышленной продукции [8].

Важно отметить, что машиностроение – это комплекс отраслей промышленности, которые изготавливают средства транспорта, производства, оборонную продукцию и предметы потребления. Современное машиностроение в себя включает более двадцати подотраслей, в числе которых наиболее динамичным являются наукоемкие подотрасли, такие как производство телекоммуникационного оборудования, ЭВМ, ракетно-космической техники, средств автоматизации и промышленных роботов.

На современном этапе в качестве основных задач машиностроительного комплекса выступают следующие:

- максимальное полное обеспечение прогрессивным оборудованием народного хозяйства;
- существенное повышение технического уровня в целом, качества, а также конкурентоспособности машиностроительной продукции на внешнем рынке и достижение передовых мировых научно-технических позиций в данной области;
- скорейший переход на производство новых поколений механизмов и машин, которые способны обеспечить существенный рост производительности труда, а также внедрение современных прогрессивных технологий, в том числе ресурсо- и энергосберегающих;
- повышение уровня автоматизации и механизации всех без исключения стадий производственной разработки образцов непосредственно до массового выпуска уже готовых изделий.

## Типы производств в машиностроении

В прямой зависимости от номенклатуры продукции, а также размера производственной программы все современное машиностроительные производства делятся на следующие четыре основные типа: опытное, единичное (или индивидуальное), серийное и, наконец, массовое.

В целом под опытным производством следует понимать производство образцов, отдельных партий либо серий изделий с целью проведения исследовательских работ или же для разработки технологической и конструкторской документации для отдельного установившегося производства.

Особенностями опытного производства является то, что механизм его управления в качестве структурного элемента промышленного предприятия основываются на базовых теоретических аспектах управления предприятием. При этом в качестве значимой составляющей процесса управления выступает в этом случае организационная структура отдельного хозяйствующего субъекта. При этом максимально эффективным может выступать подчинение опытного производства главному конструктору, так как такой подход позволяет максимально оперативно вносить все важные в каждом конкретном случае изменения и затем их внедрять в процессе текущего производства опытного образца.

Подчеркнем, что основной целью опытного производства выступает как изготовление отдельных опытных образцов изделия, также и подготовка его последующего серийного производства [2].

Под единичным производством принято понимать такое производство, когда детали производятся только единичными экземплярами, являясь при этом разнообразными по размерам или конструкции, при этом повторяемость изготовления таких деталей бывает весьма редкая либо же отсутствует вовсе.

Подобный вид производства применяется в ремонтно-механических и экспериментальных цехах, а также в ряде случаев в механосборочных цехах заводов крупного станкостроения, тяжелого машиностроения и др.

Укажем в этом отношении, что в единичном производстве преимущественно применяются универсальные станки, с имеющимися на данных станках нормальными приспособлениями, а также нормальный измерительный и режущий и инструмент.

В единичном производстве технологический процесс по обработке деталей, чаще всего, подробно не разрабатывается, а ограничивается только установлением перечня выполняемых операций с обозначением станков, инструментов и приспособлений. Станки преимущественно в цехах располагаются группами по типам, а именно: фрезерные, сверлильные, токарные, строгальные, шлифовальные станки и др.

В свою очередь серийное производство являет собой такое производство, когда процесс обработки деталей производится на периодической основе отдельными сериями (или партиями), которые состоят из однотипных по конструкции, одноименных и однообразных по своим размерам деталей, в обработку пускаемых одновременно.

Подчеркнем, что понятие «партия деталей» применяется именно к количеству деталей, при том, как понятие «серия» относится к количеству тех машин, которые одновременно запускаются в производство. В непосредственной зависимости от количества в серии машин, их трудоемкости и характера условно принято различать следующие: производства: мелкосерийное производство, среднесерийное, а также крупносерийное. Так, например, если в механическом цеху детали, необходимые для производства разного рода мелких станков обрабатываются в количестве от 3 до 10 шт. в месяц, то это будет относиться к мелкосерийному производству. В том случае, если в цеху ежемесячно производится примерно от 10 до 100 станков, то в этом случае это будет среднесерийное производство.

Наконец, в случае производства станков больше 100 шт. в месяц, перед нами крупносерийное производство.

Укажем, что при серийном производстве используются следующие станки: специальные, универсальные, специализированные станки, а также инструменты и приспособления и нормальные, и специальные. В серийном производстве процесс обработки деталей разрабатывается преимущественно с полным перечнем всех операций, приспособлений, станков, инструментов, режимов резания и времени на обработку.

Подчеркнем, что серийное производство выступает в качестве наиболее распространенного как в общем, так и среднем машиностроении (то есть при изготовлении мелких и средних станков, компрессоров, насосов, текстильных машин, полиграфических машин, разного рода приборов и др.).

Наконец, рассмотрим массовое производство. В этом случае укажем, что массовым принято называть такое производство, в рамках которого при весьма большом количестве практически одинаково обрабатываемых деталей их изготовление ведется через непрерывное выполнение на станках одних и тех же повторяющихся постоянно операций. Массовое производство экономически выгодно и возможно при осуществлении выпуска относительно большого числа деталей, конструкция которых в течение длительного срока (примерно 3–4 года и более) не меняется.

Кроме этого, технологический процесс в массовом производстве также разрабатывается достаточно подробно. В этом случае широко применяются не только специальные автоматы и станки, но также и автоматические линии. Важно использование специальных инструментов и приспособлений.

При массовом производстве станки обычно располагаются в таком же порядке, в каком в технологическом процессе следуют друг за другом операции.

Наиболее характерно массовое производство для шарикоподшипникового, автотракторного и сельскохозяйственного машиностроения, для приборостроения и др.

#### **Понятие и отличительные особенности «мультисерийного» производства» как симбиоза всех типов производств**

На современном этапе заметным образом изменились количественные и качественные характеристики продукции и оборудования машиностроения. В мировой практике многофункциональные обрабатывающие центры, применяющие числовое программное управление, становятся основным производственным оборудованием. При этом заметно сокращается потребность в персонале и количестве агрегатов. Поэтому получает развитие так называемое «мультисерийное производство», представляющее собой некий симбиоз всех типов производств, с присущими ему сложностями комбинированного планирования и управления.

В качестве основных показателей мультисерийного производства выступает возможностью при благоприятных обстоятельствах превращать опытные изделия, которые производятся в единичных экземплярах, непосредственно в серийное производство со всеми параметрами соответствующего типа осуществляемого производства. Однако все это от производства требует достаточно высокого быстродействия, обеспечиваемого как составом оборудования, так и алгоритмами управления им.

Основное отличие мультисерийного производства от других типов прослеживается в том, что изготовление всей выпускаемой продукции производится практически на одном и том же оборудовании, используемом еще и для осуществления выпуска инструментальной оснастки. При этом предприятия мультисерийного производства на самостоятельной основе обеспечивают конструкторскую разработку, выполняют изготовление и последующее продвижение на рынок своих конкурентоспособных изделий.

Обозначенная нами выше необходимость совмещения оборудования на мультисерийном производстве диктует свои особые требования к оборудованию данного предприятия, а также к системам планирования и технологической подготовки.

В качестве отличительных признаков и особенностей мультисерийного производства можно обозначить следующие:

- инновационный характер осуществляемой предприятием деятельности;
- необходимость обеспечения составом оборудования выполнения различных деталей сложной конфигурации, так как подавляющее большинство промышленных предприятий производят достаточно сложную технику;
- отсутствие за оборудованием закрепления типа «деталь – операция»;
- некоторое сужение спектра используемого оборудования непосредственно за счет применения в работе металлообрабатывающих центров, оснащенных соответствующим числовым программным управлением, которые совмещают в себе функции разных станков;
- заметное увеличение в сравнении с иными типами производства числового состава технологов с целью повышения оперативности подготовки производства;
- использование специальных пакетов, которые предназначены для автоматизации разработки технологических процессов, необходимых для обеспечения соответствующего качества технологической подготовки именно на уровне серийного производства, однако при темпах обновления выпускаемой продукции типа единичного производства;
- необходимость резервирования рабочего времени по причине неопределенности сроков выполнения экспериментальной продукции;
- несколько повышенная в сравнении с иными типами производств многоуровневость и мобильность со сроками конкретно обозначенными сроками сдачи готовой продукции системы планирования;
- максимально строгое соблюдение уровня цен и сроков на выполняемую продукцию, чаще всего, указанных в форвардных контрактах, в их числе и в тех, которые были заключены на базе межгосударственных соглашений.

Именно обозначенные нами выше отличия мультисерийного производства от принятых основных типов помогает выделить данное производство в отдельный самостоятельный тип.

Под мультисерийным производством в целом необходимо понимать такую инновационную форму организации производства, когда происходит объединение производства и конструкторских бюро, а выполнение массовых, серийных заказов, а также опытных продуктов производится на единой производственно-технологической базе в условиях многоуровневой системы осуществления оперативного планирования.

Указанный нами тип производства применяется в УПКБ «Деталь», ОАО «ОКБ «Новатор», НИИ приборостроения, а также НПО «Автоматика» и АО «РКЦ «Прогресс». Кроме этого, подавляющее большинство предприятий станкостроения, предприятие «Уралмашзавод» и некоторые другие предприятия работают в рамках мультисерийного производства.

То есть можно заключить, что в мультисерийном производстве соединяется воедино обязательность по выполнению плана, характерная для массового и серийного типа, с существенной долей неопределенности, свойственной, в свою очередь, для экспериментальной продукции. Все это настоятельно требует выстраивания принципиально иной модели управления и планирования мультисерийным производством.

Соединение нескольких видов производств в рамках единой производственной базы также актуализирует необходимость построения такой инфраструктуры, которая позволяет, во-первых, качественно выполнить выпуск массовой и серийной продукции, а, во-вторых, в минимально возможные сроки обеспечить вывод на рынок отдельного инновационного товара.

Мы согласны с Б.В. Големенцевым в том, что особенность выпускаемой продукции (то есть массовая, серийная и опытная) по своей сути способна вызывать некоторые противоречия в процессе изготовления на одном и том же оборудовании. В этом случае в качестве основных направлений разрешения возникающих противоречий в мультисерийном производстве могут выступать следующие: (1) выбор соответствующего типа оборудования, а также определенной системы подготовки производства; (2) выстраивание действенной системы управления имеющими ресурсами [1].

Для рационального использования на предприятии оборудования, рабочей силы, а также снижения сокращения затрат на управленческий аппарат непосредственно в мультисерийном производстве важно создание специализированных производств. Такого рода специализированные производства призваны обеспечивать деталями и заготовками всех тех потребителей, которые из них изготавливают определенные сборочные единицы и затем их передают в сборочное производство.

### **Модель планирования и управления мультисериальным производством**

Возникновение специализированных производств заметным образом изменяет всю структуру мультисерийного производства, так как оно теперь строится должно именно по последовательно-параллельному принципу.

Кроме этого, в условиях мультисерийного производства немаловажным будет переход от централизованного вида планирования непосредственно к трехуровневой системе, где некоторая часть работ по планированию переносится на производящие подразделения конкретного предприятия (или цеха).

В этом плане в планировании производства в качестве приоритета выступать может выпуск серийной продукции. В связи с этим в первую очередь план эксплуатации станочного ресурса должен удовлетворять потребности массовой и серийной составляющей, а все остальное должно отводиться именно на опытные работы.

При этом в трехуровневой системе на верхнем уровне при планировании через сроки и объемы выпуска готовых изделий устанавливается график работы практически сборочного производства. В свою очередь роль среднего уровня должна выполняться механосборочным производством, которое определяет сроки осуществления поставки комплектующих материалов тем цехам, которые производят детали и сборочные единицы (далее по тексту – ДСЕ). В качестве нижнего уровня можно указать те цеха, которые для своей продукции заказывают необходимые заготовки. Укажем, что планово-производственный отдел выполняет в данной модели функцию расчета трудовых и производственных ресурсов, а также осуществляют контроль непосредственно за перемещением ДСЕ.

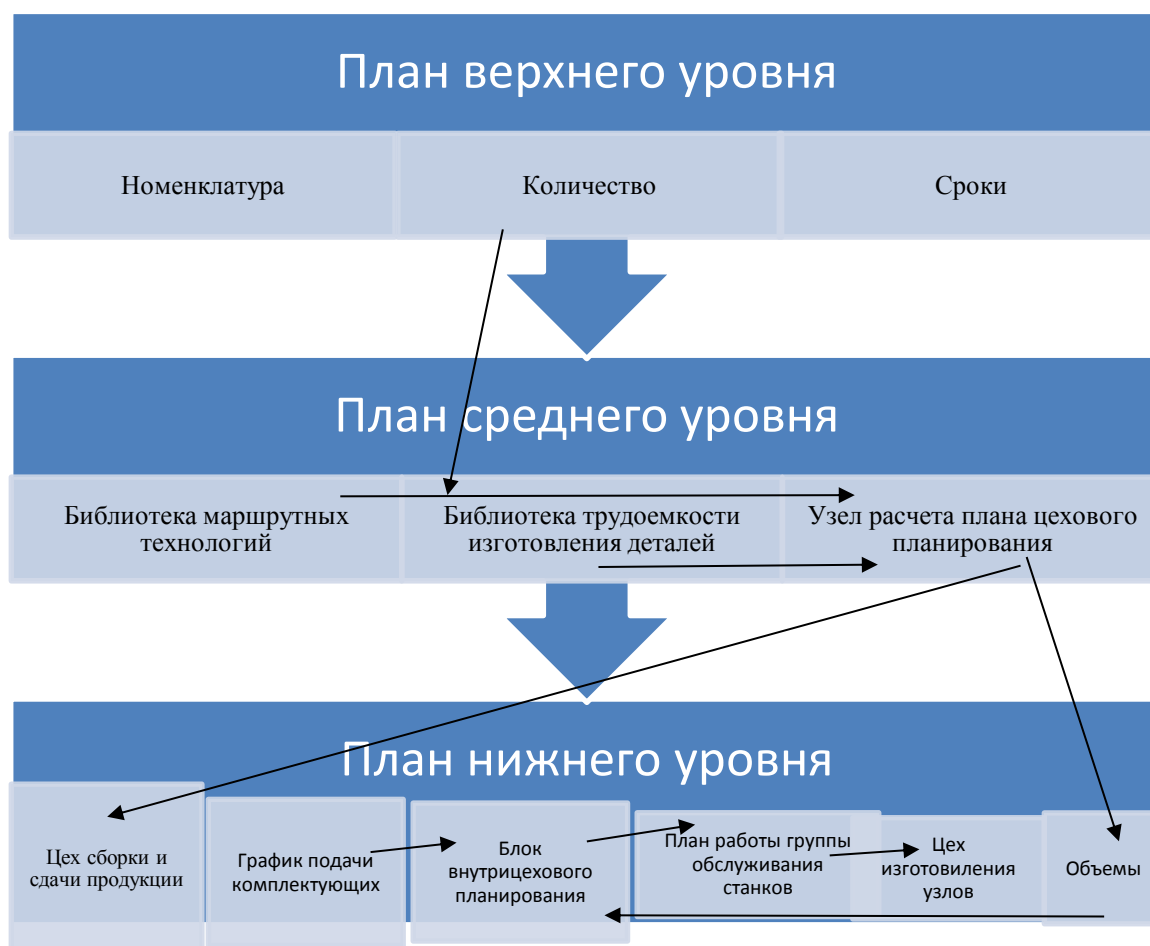
Такая система планирования может эффективно обеспечивать мобильность мультисерийного производства, заметным образом сокращая время между точками «чертеж-деталь».

Подчеркнем, что выстраивание принципиальной модели по управлению мультисерийным производством, а также по разработке необходимых плановых требований непосредственно по выпуску продукции позволяет перейти к разрешению основной задачи управления мультисерийного производства – то есть выбору количества и состава

оборудования, так как именно этим определяется сам характер производительных сил на достаточно длительный период. Кроме этого, данный этап характеризуется в качестве наиболее затратного.

Для этого предлагаются следующие положения осуществления оценки эффективности деятельности системы контроля и оперативного планирования:

1. С целью построения единого звена по управлению мультисерийным производством, которое обеспечивает все необходимые объемы и сроки выпуска определенной продукции, можно осуществить объединение системы контроля и системы оперативного планирования в общую структуру, носящую название «система диспетчеризации производства» (далее по тексту – СДП).
2. Обозначенная нами выше СДП должна быть построена по известному принципу классической замкнутой системы управления, а именно: у нее имеется вход, план; выход, база выполненных заданий; сигнал ошибки, имеется рассогласование между планом и фактическим выполнением; а также система контроля.
3. Система осуществления оперативного планирования мультисерийного производства также должна иметь трехуровневую структуру, при этом обеспечивая собой сквозную разработку всех необходимых оперативных планов данного предприятия, что весьма важно для реализации инновационного характера деятельности (см. рис. 1).



*Рисунок 1. Трехуровневая система планирования мультисерийного производства*

Подчеркнем, что план верхнего уровня базируется на имеющихся контрактных обязательствах конкретного предприятия и носит при этом директивный характер. В свою очередь план среднего уровня должен определять объемы выпуска необходимых комплектующих деталей и узлов для производящих подразделений, при этом исходя непосредственно из обязательности выполнения плана верхнего уровня, а также имеющихся физических возможностей данного подразделения. Наконец, план нижнего уровня – это сроки выполнения (или график поставки) – его устанавливает цех сборки и сдачи продукции. При этом связь по срокам выполняемых работ на таком уровне, как «сборка – изготовитель комплектации» способствует исключению излишнего согласования и помогает обеспечить качественное выполнение плана верхнего уровня. В свою очередь контроль выполнения графика поставки механическими цехами, который был установлен цехом сборки и сдачи продукции, возложено на производственные службы. Наконец, план нижнего уровня призван обеспечивать безусловное выполнение плана непосредственно среднего уровня при условии минимизации затрат на выпуск определенной продукции.

Данная система планирования максимально отвечает всем имеющимся особенностям мультисерийного производства, которое имеет массовый, серийный, а также индивидуальный объем выпуска.

Вслед за А.В. Косачевым, считаем, что в планировании важнейшим звеном выступает процедура планирования соответственных работ для станков с числовым программным управлением, которая являет собой максимально общий вид производственного планирования, так как вместе со всеми прочими факторами, обязательно учитывает фактор многостаночного обслуживания, который вносит необходимую вариативность в выполнение всех необходимых производственных заданий. При этом эффективность данного планирования должна определяться выполнением плана производства, обеспечивающим загрузку каждого станка в течении полной рабочей смены без простоев [4].

В качестве основы плана производства выступает время изготовления определенной детали (то есть цикл изготовления)  $t$ , являющее собой сумму времени  $t_n$ , необходимого на проведение подготовительно-заключительных операций (ПЗО) оператором, а также  $t_p$  – то есть времени, которое необходимо в автоматическом цикле элементарных производственных процессов на выполнение детали. Таким образом:  $t = t_n + t_p$ .

При изготовлении  $N$  деталей общее время работы соответственного станка составляет:  $T = N * t$ . Подчеркнем, что в идеале важно обеспечивать равенство:  $T = T_0$ , где  $T_0$  – это время работы станка на протяжении всего планового периода. При этом поправка на проведение операций, которые никак не связаны с изготовлением продукции, а также ремонтами, должно учитываться с помощью следующего коэффициента

$$K_p: \sum Ta = T * K_p,$$

где  $Ta$  – это эффективное время работы отдельного станка.

В свою очередь средний месячный ресурс отдельного станка при условии трехсменной работы может составлять порядка 500 час. В этом случае нормативная производительность отдельного станка для деталей, у которых цикл изготовления  $t$ [час] за конкретный плановый период будет составлять следующее:  $N$ [шт.]:  $N = 500 * K_p / t = 500 * 0.95 / t$ .

В отношении плана деятельности группы обслуживания укажем, что она призвана определять количество, номенклатуру, а также сроки изготовления определенных деталей на соответствующих закрепленных станках. Для его составления необходимо проведение анализа баланса рабочего времени оператора:



$$W \geq \sum tp(1 - M),$$

где  $M$  – это имеющееся количество станков в группе обслуживания.

В системе планирования немаловажное значение также имеет план освоения производства, так как все выпускаемые в рамках мультисерийного производства детали обязательно проходят обозначенный этап. Документом, который отражает основные результаты рассматриваемого процесса, выступает акт внедрения технологии. В данном акте происходит фиксация всех соответствующих требований как конструкторской документации, так и готовность детали непосредственно к тиражированию.

Наконец, структура построения системы диспетчеризации способствует осуществлению контроля выполнения практически любого задания в системе «план – контроль». В целом система контроля основывается на следующих основных положениях:

- необходимой для руководителей различных уровней входной информацией выступает ежедневный перечень по каким-либо причинам невыполненных запланированных заданий;
- соответствующий доступ к информации должен строиться по следующему принципу «что положено и ниже», так как это соответствует планированию и контролированию по строгой иерархической схеме в режиме «сверху вниз»;
- основным источником информации, сообщаящим о выполненном задании, выступает заказчик. Это помогает заметно поднять достоверность информации;
- вся система должна функционировать без привлечения каких-либо дополнительных исполнителей, применяя принятый на данном предприятии порядок передвижения материальных ценностей, что в обязательном порядке отмечается в соответствующих документах.

Так как сегодня актуальным является вопрос о выявлении состояния промышленного предприятия и организации переходов его из одного состояния в другое в качестве результата мультисерийного производства, то при осуществлении планирования можно придерживаться разделения направления планирования на стратегическое планирование, тактическое и оперативное управление [5]. При этом, стратегическое планирование являет собой планирование производственных мощностей.

Стратегическое планирование связано с достаточно широким кругом проблем, для разрешения которых необходима высокая степень агрегирования информации для исключения перегрузки персонала [7].

Тактическое планирование представляет собой агрегированное планирование производства, связанное с эффективным распределением ресурсов.

Оперативное управление являет собой детальный план производства, и связано с принятием необходимых решений по выделению необходимого оборудования, необходимого для выполнения имеющихся заказов и их упорядочению.

В рамках этой статьи под текущим инвестиционным процессом (ИП) будем понимать уровень планирования до тактического.

Выявление спроса на конечную продукцию, а также предложения по исходной продукции и проведение анализа возможностей изменения производственной структуры (ПС) в рамках мультисерийного производства в инвестиционном процессе помогает выявить

совокупность всех видов конечного продукта, из которой происходит формирование производственной программы.

Данная программа определяется следующим вектором:

$$x = (x_{ij}) \quad i, \bar{y}, \dots, N, j \bar{y}, \dots, L_i,$$

где

$x_{ij}$  – это число изделий вида  $i$ , которые производятся по технологии  $j$ ;

$N$  – это число видов деталей, производство которых может быть реализовано в конкретный период с обязательным учетом реализации ИП;

$L_i$  – это число альтернативных технологий производства деталей вида  $i$ .

Подчеркнем, вслед за А.В. Косачевым, В.Н. Лялиным, В.В. Семеновым, что практически всегда может быть возможен набор ряда альтернативных технологий. При этом по одной из них применяются конкретные группы оборудования, а также определенные виды трудовых ресурсов, согласно другой – имеет место отличные даже по отдельной позиции типов оборудования, а также возможно новое, наиболее эффективное, и более приемлемые данной технологии трудовых ресурсов. В таком случае выполнения каждого отдельного изделия непосредственно по одной из вероятных технологий должно характеризоваться ресурсоемкостью единицы конечного продукта и по видам оборудования, и по трудовым ресурсам [3].

Укажем, что практически каждая из альтернативных технологий  $j = 1, \dots, L_i$  производства продукта  $i$ ,  $i = 1, \dots, N$ , неизменно задается набором  $a_{ijk}$  ресурсоемкостей по соответствующим видам трудовых ресурсов  $k \in K_1$ , а также типам оборудования  $k \in K_2$  – это множества видов как первых, так и вторых, которые учитываются отдельно,  $a_{ijk}$  – это фонд времени, который затрачивается видом  $k$  ресурсов непосредственно на выпуск продукции  $i$  по технологии  $j$ .

Рассмотрим следующее условие. Пусть вектор  $r = (r_k)$ ,  $k \in K_1 \cup K_2$ , определяет новую ПС. Она должна быть выстроена в результате осуществления мультисерийного производства, где переменной  $r_k \geq 0$  задается число трудовых единиц и оборудования вида  $k$  именно в текущем периоде уже в рамках новой производственной структуры. В дальнейшем употребляться будет употребляться и параметр  $r_{kt}$ , задающий число трудовых единиц, которые имеют опыт работы  $t$  лет, а также оборудования, которое прослужило  $t$  лет, вида  $k$ . Фактор отсутствия индекса  $t$  означает использование по данному параметру взвешенной средней.

При этом необходимые условия для обеспеченности выполнения производственной программы ресурсами ПС будет иметь следующий вид:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} a_{ijk} x_{ij} \leq T_k r_k = b_k, \quad k \in K_1 \cup K_2,$$

где

$T_k$  – это количество рабочих часов и основных активных производственных фондов вида  $k$  именно в текущем периоде. Данная группа условий также учитывает наличие взаимосвязи принятой производственной программы, используемой новой структуры трудовых ресурсов и средств производства предприятия в условиях мультисерийного производства, а также еще и альтернативность технологий изготавливаемых деталей.

Последующие ограничения должны определяться обеспеченностью процесса выполнения принятой производственной программы именно исходными продуктами, а именно:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} a_{ijk} x_{ij} \leq b_k, \quad k \in K_3,$$

где  $a_{ijk}$  – это совершаемый расход исходных продуктов типа  $k$  непосредственно для производства деталей  $i$  по технологии  $j$ ;

$b_k$  – это число исходных продуктов  $k$ , которые обеспечиваются программой материально-технического снабжения. При этом вектор переменных  $b = (b_k)$ ,  $k \in K_3$ , задает определенную программу материально-технического снабжения;

$K_3$  – это множество типов исходного материала, дифференцировано учитываемых по определенным видам.

Расчет величины спроса на конечные изделия осуществляется следующим образом:

$$\sum_{j=1}^{L_i} X_{ij} \leq \text{ield}_i^{\max}, i = 1, \dots, N,$$

при этом необходимость сохранять минимальную долю на рынке выпуск отдельных видов деталей заключается в объеме, не менее, нежели в заданном.

$$\sum_{j=1}^{L_i} X_{ij} \geq \text{ield}_i^{\min}, i = 1, \dots, N,$$

где

$\text{ield}_i^{\max}$ ,  $\text{ield}_i^{\min}$  – это максимальный и минимальный объемы осуществления выпуска деталей вида  $i$ .

В свою очередь имеющиеся ограничения по складу готовых изделий можно описать так:

$$\sum_{i=1}^N a_{i1k} \sum_{j=1}^{L_i} x_{ij} \leq b_k, k \in K_4,$$

где

$a_{i1k}$  – это площадь, которая необходима для хранения на складе вида  $k$  единицы продукции  $i$ -того вида;

$b_k$  – это доступный объем имеющихся складских помещений вида  $k$ .

Предприятие имеет отдельный объем производственных помещений

$$\sum_{k \in K_1 \cup K_2} \sum_t r_{kt} \xi_k \geq \varnothing,$$

где

$\xi_k$  – это норма затрат производственных помещений непосредственно для единицы ресурса вида  $k$ ;

$\varnothing$  – это общая площадь имеющихся производственных помещений.

Если учитывать ограничения по складу готовых изделий именно в рамках линейного программирования, то следует составить имеющиеся ограничения по складу исходных материалов:

$$\sum_{k \in K_3} S_k q_k \leq Q,$$

где

$q_k$  – это затраты площадей склада материалов именно на единицу материала вида  $k$ ;

$Q$  – это общая площадь имеющегося склада материалов.

Подчеркнем при этом, что предприятие рассчитывать не может на большой объем ресурсов, нежели предлагается на рынке, то есть:

$$b_k \leq b_k^{\max},$$

где  $b_k^{\max}$  – это максимальное предложение на рынке исходной продукции вида  $k \in K_3$ .

Происходящее изменение производственной структуры может описываться соотношениями такого вида: пусть имеющееся текущее изменение ПС происходит по причине приобретения  $z_k^+$  единиц как нового, так дополнительного оборудования по типу  $k$ ,  $k \in K_2$ , а также исключения из эксплуатации предприятием  $z_k^-$  единиц типов  $k \in K_2$ , найма  $y_k^+$  и, наконец, увольнения  $y_k^-$  сотрудников вида  $k \in K_1$ . Имеющиеся условия текущего развития способствуют реализации и отражают следующий объем изменения ПС:

$$0 \leq y_{kt}^+ \leq d_{kt}^+$$

$$0 \leq y_{kt}^- \leq d_{kt}^- \quad k \in K_1$$

$$0 \leq z_{kt}^+ \leq w_{kt}^+$$

$$0 \leq z_{kt}^- \leq w_{kt}^- \quad k \in K_2$$

где

$d_{kt}^+$ ,  $k \in K_1$  – это максимальное предложение людских ресурсов вида  $k$ , а также опытом работы по типу  $t$ ;

$w_{kt}^+$ ,  $k \in K_2$  – это максимальное число единиц оборудования нового либо дополнительного типа  $k$ , которое прослужило  $t$  периодов, однако внедрено может быть при реализации текущего ИП;

$d_{kt}^-$ ,  $k \in K_1$  – это наиболее допустимое число увольняемых сотрудников вида  $k$  и имеющий опыт работы  $t$ , связанное с выбранным направлением развития;

$w_{kt}^-$ ,  $k \in K_2$  – это максимальный объем единиц оборудования типа  $k$ , которое прослужило  $t$  периодов, прекращение эксплуатации которого целесообразно с позиции стратегии развития данного предприятия.

Привлеченные и заемные средства, необходимые для реализации текущего плана развития предприятия определить можно следующими переменными:

$$V_p, p = 1, \dots, P,$$

где

$v_p \geq 0$  – это выявляемый объем привлеченных или заемных или средств из источника финансирования предприятия  $p$ ,

$$v_p \leq V_p,$$

при этом  $V_p$  – это заданное предложение финансирования из источника  $p$ ,  $p = 1, \dots, P$ ;  $P$  – это объем возможных источников финансирования.

Основное условие финансовой поддержки текущего плана развития предприятия прослеживается в том, что все средства как на закупку нового оборудования, так и иные капитальные вложения выделяются из собственных средств предприятия, получаемой выручки

от ликвидации части имеющегося оборудования, привлеченных и заемных и средств из разных источников, в связи с этим:

$$\sum_{k \in K_2} \sum_t PP_{kt} - z_{kt}^+ + CO \leq DF + \sum_{k \in K_3} \sum_t LV_{kt} \times z_{kt}^- + \sum_{p=1}^P V_p,$$

где

$PP_{kt}^+$  – это затраты на покупку единицы нового оборудования по типу  $k$ , которое прослужило  $t$  периодов;

$LV_{kt}^-$  – это ликвидационная стоимость единицы оборудования по типу типа  $k$ ;

$CO$  – это прочие капитальные затраты предприятия;

$DF$  – это размер фонда предприятия по развитию производства в момент реализации текущего плана развития без тех средств, которые были полученных от ликвидации предприятием части оборудования.

При этом критерий оптимальности – это денежный поток

$$f(x) - CF \rightarrow \max,$$

Подводя итоги укажем, что оптимальное решение поставленной задачи определяет количество и виды единиц новых либо дополнительных основных активных фондов, внедряемых согласно планам развития предприятия, размеры и источники заемных и привлеченных средств, оптимальные размеры осуществляемых капитальных вложений, а также денежный поток именно в текущем периоде в процессе реализации плана развития. В том случае, если план развития предприятия не принимает на учет ресурсы длительного пользования, тогда модель описывать будет задачу тактического планирования, при том, как решения, которые были приняты на ее основании иметь будут также тактический характер.

Таким образом, нами была предложена модель оптимального управления и планирования деятельности мультисерийного производства, функционирующем на конкурентном рынке. Предложенная нами модель выступает в качестве базы для принятия решений в сфере управления предприятием, с возможностями проведения мониторинга и осуществления оперативной коррекции в прямой зависимости от достигнутых предприятием результатов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Големенцев, Б.В. Оценка эффективности управления опытно-серийным производством предприятия высокотехнологичного машиностроения [Текст]: автореф. ... канд. эконом. наук / Б.В. Големенцев. – Екатеринбург 2011. – 30 с.
2. Каракоц, В.В. Экономика научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИР и ОКР) [Текст]: учеб. пособие / В.В. Каракоц. – Ленинград, 1979. – 72 с.
3. Косачев, А.В. Модель оптимального управления долгосрочным развитием интеллектуального предприятия [Текст] / А.В. Косачев, В.Н. Лялин, В.В. Семенов // Аудит и финансовый анализ. – 2006. – № 4. – С. 314–349.
4. Касачев, А.В. Развитие управления опытно-серийным производством на предприятиях оборонно-промышленного комплекса [Текст] / А.В. Косачев // Новости науки и техники. – 2017. – № 3. – С. 16–21.
5. Маликова, Д.М. Оптимизация инвестиционных проектов предприятия в условиях рыночной экономики [Текст] / Д.М. Маликова, А.С. Плещинский // Экономика и математические методы. – 1995. – Т.31. – № 3. – С. 81–90.
6. Сорокин, Н.Г. Основные тенденции развития российского машиностроения в условиях переходной экономики [Текст] / Н.Г. Сорокин // Промышленная политика Российской Федерации. – 2004. – № 3. – С. 12–21.
7. Шалаева, Е.В. Математические модели оптимизации показателей хозяйственной деятельности предприятий машиностроения [Текст]: автореф. ... канд. экон. наук / Е.В. Шалаева. – Ижевск, 2002. – 20 с.
8. Экономика отрасли [Текст] / А.С. Пелих, В.М. Джуха, А.В. Курицын; под общ. ред. А.С. Пелиха. – 6-е изд., доп. и перераб. – Ростов н/Д: Феникс, 2004. – 458 с.

**Kuzhanbaev Rustam Taufihovich**

Samara national research university, Samara, Russia

E-mail: [Rustam\\_Zvuk@mail.ru](mailto:Rustam_Zvuk@mail.ru)

## **Features of planning and management of multi-series production**

**Abstract.** Modern industrial practice clearly shows that the most competitive enterprises in the end are, most often, those in which the main criterion for assessing the quality of management decisions is the subsequent noticeable increase in business value. In addition, today the process of transformation and improvement of technological processes has touched many areas, and the enterprises of the machine-building complex are no exception. In modern production practice, it is increasingly possible to meet multi-batch production. The article gives the concept of such types of production in mechanical engineering as mass, single, serial and experimental. Their essence, characteristic features and distinctive features are indicated.

Special emphasis is placed on the formulation and description of such a concept as multi-batch production. The characteristics and specificity of multi-batch production as another type of production in the modern machine-building complex were revealed, its key distinctive features from other types of production were traced. The author identifies the main problems and transformations that occur during the transition to multi-batch production. To solve the existing problems, a model for the management of multi-batch production is proposed, as well as a three-level model of planning within the framework of multi-batch production. In addition, the description of the model of tactical and operational planning in the framework of the strategy generation system of the enterprise operating in the conditions of multi-batch production is given. The proposed model acts as a basis for decision-making in the field of enterprise management, with the possibility of monitoring and implementation of operational correction in direct dependence on the results achieved by the enterprise.

**Keywords:** mass production; mathematical methods; mechanical engineering; modeling; multi-batch operational planning; production; planning; industry; serial production; tactical planning model; types of production; management; experimental production