

ства, разработки и управления.

Выводы

Подводя итоги, для решения целого ряда проблем, присущих машиностроению Российской Федерации, можно предложить несколько возможных путей развития: проведение реформ в экономике страны, изменение налоговых режимов, реализация гарантий для инвестиций, что послужит стимулом к созданию инновационной модели развития экономики путем осуществления проектов по привлечению инвестиций для развития отрасли машиностроения, ориентации на более эффективное использование имущественного комплекса и увеличение загрузки основных фондов, проведение реструктуризации НИОКР, а также привлечение высококвалифицированной рабочей силы для работы на сложном, наукоемком производстве.

В перспективе с каждым годом будет все сильнее проявляться запрос на производственный потенциал машиностроителей.

Литература

1. <http://sibac.info/17002>-публикация статьи, написанной автором (Лойко А.О.) «Проблемы отрасли машиностроения России в условиях кризиса и пути их преодоления»
2. <http://www.cbr.ru/> -Центральный банк Российской Федерации
3. <http://www.vedomosti.ru/finance/news/2015/01/27>
4. <http://www.vedomosti.ru/business/articles/2015/02/06/skolko-stoit-musor>
5. <http://autoutro.ru/news/2015/02/03/kamaz-razrabotayet-bespilotnyj-gruzovik/>

Методика определения объема производственного задания в плановом периоде

к.э.н. доц. Мордасов Ю.П.

Университет машиностроения,
8-916-853-13-32, mordasov2001@mail.ru

Аннотация. В статье разработана методика определения объема производственного задания в плановом периоде. Проведена апробация модели. Для этого создана имитационная модель производственного, машиностроительного процесса с учетом влияния случайных возмущений-сбоев. Сравнение результатов математического и имитационного моделирования подтверждает целесообразность применения математической модели на практике.

Ключевые слова. технологический процесс, математическая, имитационная, модель, оперативное управление, апробация, случайные возмущения.

Успех любой экономической политики зависит эффективности инвестиционной деятельности, в основном от реальных инвестиций. Реальные инвестиции (капитальные затраты) состоят из вложений в основные оборотные средства. Значительную часть в составе оборотных средств машиностроительного предприятия составляет незавершенное производство. К незавершенному производству относятся: материалы и комплектующие, переданные в цеха; изделия, в любой степени готовности, не переданные на склад готовой продукции. Чем больше из средств омертвлено в незавершенном производстве - тем ниже рентабельность инвестиций. Предлагаемая методика позволяет повысить эффективность управления производством, в том числе, за счет регулирования объема незавершенного производства.

При построении автоматизированной системы управления экономическими процессами, если критерий оптимальности уже выбран, появляется новая задача - каким образом нужно выбрать значения управляющих переменных, чтобы критерий оптимальности принял своё экстремальное значение. Особый интерес вызывает решение этой задачи в условиях влияния на исследуемый процесс возмущающих факторов, когда наблюдаемые показатели деятельности экономических объектов являются случайными функциями от управляющих

переменных системы. Для одних процессов оптимальной траектории будут удовлетворять значения управляющих переменных, соответствующие наибольшей вероятности появления ожидаемого события.

Для большинства реальных естественно-технических и экономических процессов, в том числе и для производственных, характерна повторяемость. Это может быть повторение процесса во времени или параллельное протекание одинаковых процессов. Как правило, каждое повторение таких процессов сопровождается затратами материальными и организационными. Для производственных процессов эти затраты содержат как элементы средства, расходуемые на организацию управления и потери, образующиеся в результате несовпадения плановых цифр с показателями реально функционирующих объектов. Существуют экономические процессы, для каждого повторения которых характерны взаимокompенсирующиеся потери, которые для удобства можно рассматривать как положительные и отрицательные. Они возникают в результате случайного отклонения показателей реальных процессов от теоретически запланированных. Для определённости будем считать положительными потери, возникающие в результате нехватки ресурса до запланированного уровня в одной итерации, отрицательными - потери, появляющиеся в результате недоиспользования ресурса при превышении им планового уровня. Отрицательные потери растут при уменьшении планового значения и уменьшаются при его увеличении. Положительные потери растут при увеличении планового значения и уменьшаются при его снижении. Причём, при повторении процессов этого класса потери алгебраически суммируются. Если в перспективе количество повторений не ограничено, то критерий принимает следующий вид:

$$\sum_{i=1}^{\infty} Z(\xi_i) \rightarrow \min \quad (1)$$

где: $Z(\xi_i)$ - рассматриваемые затраты i -го периода (повторения) случайной величины ξ , наблюдаемой характеристики изучаемого процесса.

Для повторяющегося случайного процесса, связанного с функцией потерь, имеющей вид:

$$f(\xi) = \sum_{i=1}^{\infty} Z(\xi_i - z) \quad (2)$$

где: $Z(\xi_i - z)$ – затраты, принимающие положительные и отрицательные значения, прямо пропорциональные отклонению случайной величины от некоторой точки z , при неограниченном возрастании числа испытаний оптимальным значением точки z является математическое ожидание случайной величины ξ . При этом математическое ожидание суммы затрат равно нулю.

Доказательством этого факта служат следующие рассуждения. Если положить $z = M\xi$, то случайная величина $\xi - z$ будет центрированной, а, следовательно, её математическое ожидание равно нулю. Приведённый критерий и метод нахождения его экстремального значения могут быть применены для повышения эффективности задач оперативного управления АСУП в условиях неполной информации. Для исследования влияния случайных возмущений на производственные процессы автором предложено использовать распределение вероятностей, которое зависит только от одного параметра [1, стр. 75]. Оно имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} P(\xi=0) &= p^0(1 - p) \\ P(\xi=1) &= p^1(1 - p) \\ &\dots\dots\dots \\ P(\xi=i) &= p^i(1 - p) \\ &\dots\dots\dots \\ P(\xi=n-1) &= p^{n-1}(1 - p) \\ P(\xi=n) &= p^n \end{aligned} \quad (3)$$

где: ξ – случайная величина, количество выполнившихся без сбоев операций технологического процесса;

p – средняя геометрическая вероятность выполнения одной операции,

n – количество операций в технологическом процессе.

Примером практического применения стохастической модели пооперационного выполнения технологического процесса изготовления продукции может служить методика определения оптимального объёма производственного задания в плановом периоде. Методика позволяет на основе учёта влияния стохастических возмущений на ход процесса изготовления продукции в подразделении предприятия выбрать асимптотически оптимальный объём производственного задания на плановый период. Оптимальность данной методики асимптотическая, а не абсолютная по той причине, что в качестве исходного параметра в однопараметрическом распределении вероятностей применяется статистическая оценка, а не истинное значение.

В распространенных в настоящее время на практике методиках оперативного управления производством объём планового задания в натуральном выражении не имеет чётких границ. Обычно он определяется исходя из пропускной способности подразделения - количества операций, которое может выполняться в одну смену с учётом времени межоперационного пролёживания. В условиях полной определённости этого достаточно, чтобы рассчитать детерминированными методами объём производственного задания на планируемый период в натуральном выражении, то есть в конкретной номенклатуре и деталиоперациях. Однако, под влиянием случайных возмущений некоторые технологические процессы прерываются, то есть какие-то операции не могут быть выполнены. Поэтому при расчёте сменного задания его объём не может быть равен пропускной способности подразделения. Обычно он существенно превышает производительную способность подразделения, для которого осуществляется планирование. Делается это с целью снизить негативное влияние возмущающих факторов на процесс производства, чтобы можно было оперативно запускать в производство новые сборочные единицы вместо тех, выполнение которых нельзя продолжить.

Обратимся к анализу выполнения производственного задания в реальных условиях. Предположим, что мы рассчитали по некоторому алгоритму объём производственного задания на рабочую смену. Если запланированный объём недостаточен, то происходит явное нарушение ритмичности производственного процесса, заключающееся в срочном поиске номенклатуры для загрузки рабочих мест, что требует волевого вмешательства администрации, вызывает простои оборудования, снижает ритмичность производства. Происходит задержка производственного процесса, которая является сбоем его ритмичности. Снижается выпуск товарной продукции. Если объём производственного задания завышен, то увеличивается количество материальных ресурсов омертвлённых в незавершённом производстве, что приводит к снижению рентабельности инвестиций. Увеличивается продолжительность цикла изготовления продукции. Поэтому одной из наиболее важных задач оперативного управления является задача выбора оптимального объёма производственного задания на плановый период. Объём производственного задания на плановый период условно делится на две составные части:

- объём товарного выпуска – величина, планируемая в централизованном порядке, а потому не подлежащая изменению в подразделениях;
- объём незавершённого производства.

Объём производственного задания, планируемый к выполнению в некотором промежутке времени, должен превышать производительную способность подразделения, так как некоторые позиции могут отстать от плана, а поскольку товарный выпуск продукции величина фиксированная (детерминированность определяется организационными мероприятиями: сверхурочные работы и т.п.), то определение объёма производственного задания равносильно определению оптимального изменения незавершённого производства за счёт нивелирования количества материальных ресурсов, находящихся в межоперационных заделах, в плановом периоде.

Для того, чтобы минимизировать затраты в случае, описанном выше, трудоёмкость планового задания для подразделения должна соответствовать его производительности с

учётом влияния стохастических возмущений. Если осуществлять планирование объёма производства, исходя из трудоёмкости математического ожидания технологических операций, выполняемых в одном плановом периоде, то потери будут минимальными. Теоретической основой этого утверждения служат закон больших чисел и теорема об отклонении случайной величины от её математического ожидания. Математическое ожидание числа выполняющихся в плановом периоде технологических операций [1, стр.76] вычисляется как сумма математических ожиданий выполняющихся операций для каждого процесса изготовления сборочной единицы

$$M\psi = \sum_{i=1}^m M\xi = \sum_{i=1}^m \frac{p - p^{n_i+1}}{1 - p} \quad 4)$$

где: ψ - случайная величина - количество операций, выполняющихся в одном плановом периоде;

ξ - случайная величина - количество выполняющихся операций для одной сборочной единицы;

m - количество планируемых технологических процессов в одном периоде;

n - количество операций в одном технологическом процессе.

Это значение будет оптимальным, так как в качестве потерь рассматривается отклонение случайной величины ξ от её математического ожидания.

Однако, оптимальное значение объёма производственного задания на плановый период, получаемое в результате применения этой методики, достижимо только теоретически. На практике к нему можно только приближаться с любой заданной точностью. Это происходит из-за неточного определения параметра p однопараметрического распределения вероятностей. Расхождение теоретического и практического значений происходит по двум причинам:

- из-за конечности множества экспериментальных данных, используемого для определения параметра;
- из-за флуктуации параметра, в связи с изменением производственных условий с течением времени.

Чем точнее определено значение параметра, тем ближе результат расчёта к оптимальному. Практически это означает, что в реальных условиях объём незавершённого производства с течением времени будет отклоняться от заданного уровня в ту или иную сторону в соответствии с отклонением применяемого значения параметра p от истинного. Однако, отклонение в этом случае будет гораздо меньше, чем до применения данного математического аппарата. Методика позволяет реже контролировать уровень незавершённого производства. Например, не ежемесячно, как это делается обычно, а раз в полгода. Следовательно, применение данного математического аппарата экономически оправдано, поскольку сокращаются затраты на отслеживание объёма незавершённого производства.

Одновременно с задачей выбора оптимального размера планового задания существует и другая задача - выведение объёма незавершённого производства на заданный уровень. В настоящее время этот процесс осуществляется, в основном, за счёт вариации объёмов межоперационных заделов ручным или автоматизированным способом. Однако, если размеры этих заделов выбраны оптимальным образом, то любая вариация их приводит к ухудшению некоторых экономических показателей (увеличение непроизводительных потерь времени на переналадку оборудования в среднем на одну деталь, повышается вероятность простоя техники и людей и т.п.). Эта задача является задачей адаптации системы.

Автором предлагается методика выведения объёма незавершённого производства на заданный уровень, свободная от указанных недостатков. В основе предлагаемой методики лежит концепция учёта негативного влияния случайных факторов с избытком или с недостатком, а также строгая монотонная зависимость математического ожидания количества не выполненных операций в объёме сменного задания от значения параметра p распределения вероятностей.

Обратимся к анализу реального производственного процесса. Предположим, что мы

имеем две различные оценки параметра p : p_1 и p_2 . Причём p_1 меньше истинного значения параметра p , а p_2 больше. Очевидно, что если мы в расчётах будем использовать оценку p_1 , то объём производственного задания будет занижен, и уровень незавершённого производства снизится через несколько смен (возможно довольно большое). Наоборот, если в расчётах мы будем использовать оценку p_2 , уровень незавершённого производства в подразделении возрастет. Это явление можно положить в основу принципа адаптации подсистемы оперативного управления АСУП для регулирования уровня незавершённого производства. Принцип этот реализуется следующим образом. Объём незавершённого производства для каждого подразделения имеет верхний и нижний допустимые уровни. То есть из теоретических или практических соображений известно, что для данного подразделения объём незавершённого производства не должен превышать и быть меньше некоторых конкретных границ. Между этими границами находится значение уровня объёма незавершённого производства, который считается наиболее целесообразным для данной системы управления. Этот уровень может быть найден аналитическими или эвристическими методами, а также при помощи методов имитационного моделирования. Поскольку истинное значение параметра p недостижимо на практике, мы вынуждены пользоваться, при расчёте объёма производственного задания, статистическими оценками. Предположим, что мы используем оценку p . В этом случае, с течением времени, с некоторым статистическим разбросом, уровень незавершённого производства будет увеличиваться. Однако темп возрастания будет значительно ниже, чем он был до применения данного математического аппарата. Через некоторое время объём незавершённого производства достигнет верхнего допустимого уровня. В этот момент нужно сменить значение оценки параметра распределения. То есть использовать p_1 . Объём незавершённого производства в подразделении будет уменьшаться и постепенно снизится до наиболее эффективного (заданного) значения, а потом и до нижнего предельного уровня. Тогда снова нужно будет использовать в расчётах оценку p_2 . Таким образом, поочередно применяя в расчётах завышенную и заниженную оценки параметра p , можно поддерживать объём незавершённого производства в подразделении в заданных пределах. При этом не требуется специальных методов, основанных на знании конкретной номенклатуры выпускаемой продукции, что особенно важно в мелкосерийном производстве при частой сменяемости изготавливаемых изделий. Регулирование объёма незавершённого производства производится исключительно за счёт учёта негативного влияния случайных возмущений.

На практике удобнее пользоваться не предельными уровнями, а ближе них расположенными по отношению к среднему (заданному) значению критическими. Поскольку процесс производства в условиях неполной информации можно рассматривать как стохастический, то незначительное превышение предельных уровней может произойти. Чтобы этого не случилось, из практических соображений, выбирают близко расположенные к ним критические уровни. Другое назначение критических уровней - уменьшить отклонения объёма незавершённого производства от наиболее эффективного значения. Можно обойтись и без применения критических уровней. В этом случае длительность периода между операциями контроля объёма незавершённого производства выбирается таким образом, чтобы превышение предельного уровня за этот промежуток времени не могло произойти. Отклонения объёма незавершённого производства за такие периоды будут незначительными.

Применение данного принципа адаптации системы выгодно с двух точек зрения. Во-первых, мы получаем простой математический аппарат, позволяющий корректировать объём незавершённого производства в условиях АСУП. Во-вторых, отпадает задача точности определения оценки параметра p распределения вероятностей.

Иллюстрация качественного отличия колебаний объёма незавершённого производства в подразделении в условиях применения данной методики и без её применения приведена на рисунке 1.

Вертикальными линиями отделены периоды контроля объёма незавершённого производства до решения этой задачи в рамках автоматизированной системы управления. Из рисунка видно, на сколько можно увеличить продолжительность периодов между операциями

контроля объёма незавершённого производства.

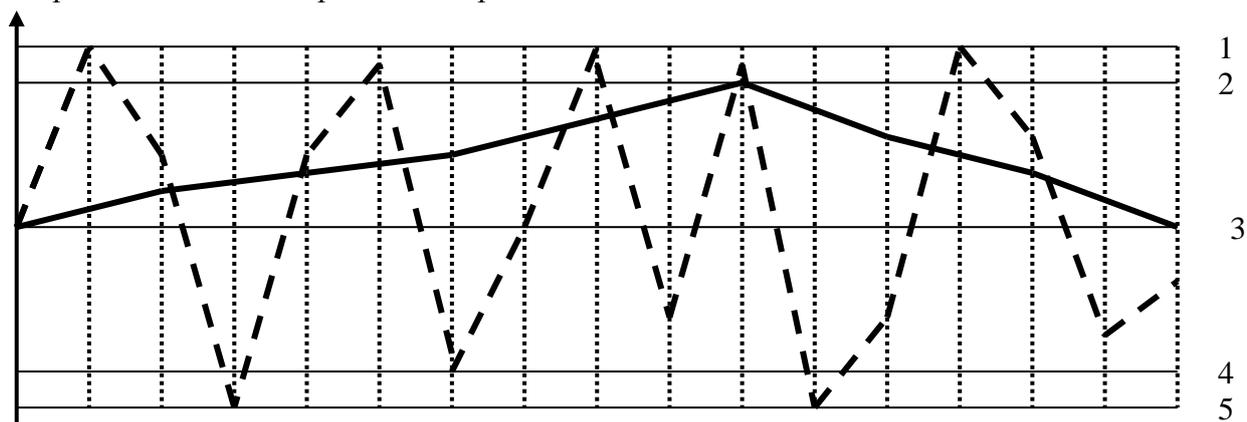


Рисунок 1. Сравнение методов регулирования объёма незавершённого производства:

— — — — — качественное изменение объёма незавершённого производства в подразделении до решения задачи выбора оптимального объёма производственного задания на плановый период в условиях АСУП;

— — — — — качественное изменение объёма незавершённого производства в подразделении после применения методики;

1. верхний предельный уровень незавершённого производства;
2. верхний критический уровень незавершённого производства;
3. заданный уровень незавершённого производства;
4. нижний критический уровень незавершённого производства;
5. нижний предельный уровень незавершённого производства.

Описанный принцип адаптации можно применять при решении других экономических и научно-технических задач.

Апробация методики определения объёма производственного задания на плановый период проводилась на основе имитационного моделирования. Для апробации разработанной методики достаточно доказать равенство математического ожидания количества выполненных операций, вычисленного с помощью однопараметрического распределения вероятностей и среднего статистического количества практически выполненных операций за некоторую сумму периодов времени или повторений. Для этого строился имитационный эксперимент. Для конкретного количества технологических операций генерировались стохастические модели пооперационного выполнения технологических процессов, а именно, на основе использования датчика псевдослучайных чисел генерировались эмпирические распределения вероятностей пооперационного выполнения технологических процессов. По полученным распределениям для различного числа операций вычислялись математические ожидания количества выполненных операций. Для различного количества эмпирических распределений производилось усреднение математических ожиданий. После этого для данного количества операций вычислялось математическое ожидание однопараметрического распределения и результаты сравнивались. Если результаты расходятся незначительно, то эксперимент подтверждает правомерность применения математического ожидания однопараметрического распределения вероятностей для практических применений.

Программа, написана на алгоритмическом языке КОБОЛ. Эксперимент повторялся многократно для различных последовательностей случайных чисел с использованием различных значений параметра p . Фрагмент результатов имитационного эксперимента приведен в таблице 1.

Анализ результатов эксперимента показывает хорошее соответствие математического ожидания однопараметрического распределения вероятностей эмпирическому.

Методика определения оптимального объёма производственного задания на плановый период использовалась при построении подсистемы оперативного управления механосборочным цехом АСУП на машиностроительном заводе с мелкосерийным типом производства.

Имитационный эксперимент анализа расхождений математических ожиданий эмпирического и теоретического распределений

Количество испытаний	Количество операций	Математическое ожидание		
		Эмпирическое	Теоретическое	Отклонение
5	3	2,8	2,7	-2
5	8	6,5	6,4	-2
5	13	9,6	9,2	-3
5	18	11,7	11,5	-2
5	23	13,5	13,2	-2
5	28	14,9	14,5	-3
15	3	2,7	2,7	0
15	8	6,4	6,4	1
15	13	9,2	9,2	1
15	18	11,2	11,5	2
15	23	12,9	13,2	2
15	28	14,2	14,5	2
25	3	2,7	2,7	1
25	8	6,3	6,4	1
25	13	9,1	9,2	2
25	18	11,2	11,5	2
25	23	12,9	13,2	2
25	28	14,1	14,5	2
35	3	2,7	2,7	1
35	8	6,3	6,4	1
35	13	9,1	9,2	1
35	18	11,2	11,5	2
35	23	12,9	13,2	2
35	28	14,1	14,5	3
45	3	2,7	2,7	1
45	8	6,3	6,4	1
45	13	9,1	9,2	2
45	18	11,2	11,5	2
45	23	12,8	13,2	2
45	28	14,1	14,5	3
55	3	2,7	2,7	1
55	8	6,3	6,4	1
55	13	9,1	9,2	2
55	18	11,2	11,5	2
55	23	12,8	13,2	2
55	28	14,1	14,5	3

Выводы

В основе практического применения методики лежит прекращение планирования к запуску в производство сборочных единиц не по полной трудоёмкости планируемых операций (в этом случае объём производственного задания будет занижен), а по трудоёмкости математического ожидания количества выполняющихся операций из числа запланированных. Другими словами, с пропускной способностью подразделения сравнивается трудоёмкость математического ожидания количества выполняющихся операций.

Литература

1. Мордасов Ю.П., Анализ некоторых стохастических характеристик технологического процесса. В кн. Анализ и синтез экономических систем и имитационное моделирование. – М: МИУ им. С. Орджоникидзе, 1983.-С.75-77.