

МОДЕЛЬ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

М.В. Воронов, А.В. Аладко

Рассматривается задача формирования оперативного плана работы предприятия с заказчиками. Изложен конструктивный процесс решения этой задачи.

We consider the problem of formation of the operational plan of work of the enterprise with customers. Outlines a constructive process of solving this problem.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Предприятие, план, заявка, модель, решение, лингвистическая переменная.

1. ВВЕДЕНИЕ

Планирование деятельности значительной части предприятий (в первую очередь массового спроса) базируется, как правило, на внешних заказах. При этом развитие технологий позволяет во все большей мере переходить к исполнению индивидуальных заказов, которые становятся уникальными (индивидуальными). Даже при выпуске стандартизованного спектра продукции заявки отличаются по количеству, времени, способам отгрузки, финансированию и т.п.

С другой стороны, наличие свободных мощностей обуславливает необходимость борьбы за заказы. В такой ситуации, получив заявку на изготовление партии товара, предприятие стремится выполнить ее с наибольшим эффектом. Для этого органы управления предприятием должно оперативно оценить возможность и целесообразность исполнения этого заказа. Получить же обоснованное решения этой задачи можно только в том случае, если с достаточной степенью детальности будет спланирована деятельность предприятия, которая учитывает актуальное состояние ситуации, будет ориентирована на выполнение данного заказа. Соответствующий план назовем планом на выполнение конкретного заказа (далее просто план). Только на основе показателей такого плана и может быть принято обоснованное решение.

Такого рода план должен отражать содержать скоординированные действия практически всех подразделений предприятия, что связано с необходимостью проведения огромного числа логических построений и поддержанных соответствующими вычислениями. С другой стороны, на выработку такого плана и принятия решения отводится все меньше. В идеале общение, поскольку в ходе обсуждения и планирования обычно возникает огромное число альтернативных ситуаций, целесообразно обеспечить возможность ведения диалога с заказчиком практически «в режиме реального времени». В этой связи органы управления предприятием должны иметь возможность ведения оперативного прогнозирования ресурсно и

технологически допустимых способов выполнения заявок, получения развернутых планов с указанием значений всех необходимых для принятия решений показателей.

2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Представим предприятие в виде следующих четырех подсистем: блок реализации продукции (назовем его складом готовой продукции), блок собственно производства продукции, блок обеспечения производства различного рода материалами и комплектующими (назовем его складом материалов), блок финансового обеспечения деятельности предприятия (рис.1.). На предприятии создана и функционирует системы информационной поддержки управления, которая содержит весь спектр информации о его возможностях, прошедшей деятельности, актуальном состоянии, а также зафиксированных сведений о ряде предстоящих операций. В частности, для каждого из блоков известны состояния соответствующих подразделений в каждый данный момент рассматриваемого периода (функционирует система мониторинга предприятия) и сформулированы правила, в соответствии с которыми принимаются так называемые частные решения (решения, касающиеся конкретного частного вопроса).

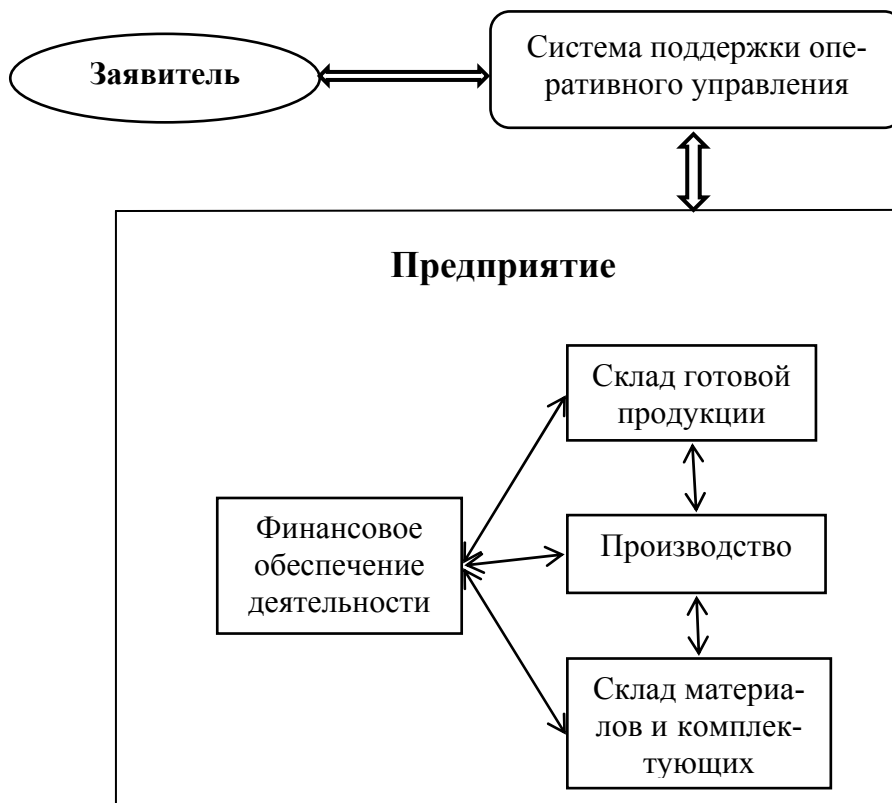


Рис.1. Обобщенная модель предприятия

Пусть в данный момент времени предприятие получает заявку на поставку известного количества продукции содержащую ряд параметров: ассортименту, количеству, цене, времени исполнения и др.

Уполномоченный орган управления должен рассчитать план выполнения заявки с учетом интересов предприятия, состояния и возможностей всех задействованных подразделений и служб. Этот план, представленный в удобной форме, должен сопровождаться представлением набором значений характеристик необходимых для принятия решения.

Ставится задача разработки модели оперативной выработки обоснованного решения как реакции на поданную предприятию заявки. Эту модель, совместно с алгоритмом реали-

зации и программно-техническим комплексом назовем системой поддержки оперативного управления предприятием (СПОУ).

Примечание. В целях простоты изложения ограничимся рядом упрощений: в данный момент рассматривается одна заявка на производство одного вида продукции, собственно производство характеризуется интегральной производительностью, для изготовления единицы продукции используется обобщенное понятие материал и свободные финансовые возможности (на каждый настоящий и последующие интервалы времени). Как показывает анализ, расширение этих условий приводит к усложнению описания и к увеличению размерности задачи, но не сказывается на сути предлагаемых подходов.

3. КОНСТРУКТИВНО-ИМИТАЦИОННЫЙ МЕТОД ПЛАНИРОВАНИЯ

В теории принятия решений видное место занимает проблематика моделирования различного рода организационных систем, где часто возникают так называемые слабоструктурированными проблемы. Существенной особенностью этих проблем является недостаточность знаний о предмете моделирования и, как следствие, наличие различного рода неопределенностей, препятствующих построению формальных моделей описания возможных траекторий функционирования этих систем [1]. К слабоструктурированным относятся и проблемы, возникающие при планировании деятельности предприятий в целом и оперативном планировании в частности.

В сфере управления организационными системами важное место принадлежит сформулированному руководством замыслу, как правило, в вербальной форме, где определена основная цель объекта управления, схематично указан путь ее достижения и совокупность значений основных показателей его деятельности. Однако замысел определяет лишь канву для последующих управленческих действий, в первую очередь разработки различного рода планов.

При планировании (в традиционном его понимании) могут использоваться самые различные математические модели, в основе которых лежат гипотезы о конкретном варианте развития ситуаций с определенными значениями параметров и схемами реализации отдельных действий. Если для прогнозирования и разработки планов на достаточно длительную перспективу применение традиционных математических методов себя оправдывает, то для задач оперативного планирования ситуация иная.

Схема формирования оперативных решений обычно не фиксирована, поскольку существенно зависит от складывающейся ситуации. Так рассматривая возможность исполнения заявки, можно часть продукции взять со склада (какую?), а другую часть изготовить специально под данный заказ (в какие сроки?). Поскольку объем заказа на изготовление продукции варьируется во времени, то может быть сформировано большое число вариантов потенциальной деятельности собственно производства. Отсюда следует возрастание вариативности ситуаций по обеспечению производства (материального, людского, финансового). Более того, исходя из своих возможностей и предпочтений, предприятие может выступить с предложением изменить некоторые условия заявки (сроки, объем, цены, порядок и способы отправки). Все эти обстоятельства вызывают крайне высокую размерность пространства возможных решений поставленной задачи и трудности формализации.

Встречаясь с такого рода препятствиями, на практике обычно используются весьма примитивные балансные методы, когда схемы действий объекта управления, его подсистем и элементов считают фиксированными (руководствуются заранее написанными правилами и инструкциями), либо их формирование отдают на нижестоящие уровни управления, оперируя в дальнейшем предъявленными им запросам, как безусловно выполнимыми (действие по принципу «они должны», значит выполняют). Очевидно, что для организационных систем такой подход приводит к построению планов не высокого качества, что по мере ускорения

процессов взаимодействия хозяйственных субъектов становится все большей помехой в их успешной деятельности. Как следствие, повышается актуальность решение задачи по предоставлению органам управления возможности оперативной разработки детальных ресурсно и технологически реализуемых планов, что предполагает переход к принципиально новым схемам математического моделирования [2].

Предположим, что известны состояние системы на данный момент времени и все потенциально возможные схемы деятельности ее компонентов. Требуется сформировать план функционирования предприятия в интересах выполнения полученной заявки. Для построения модели выработки плана исполнения заявки на поставку продукции предлагается использовать конструктивно-имитационный метод [3]. Его основу (ядро) составляет цикл: ситуация (состояние) – формирование полного множества потенциально возможных частных решений – выбор одного из них в качестве исполняемого частного решения – исполнение решения – переход объекта моделирования в новое (обусловленное этим частным решением) состояние. Заметим, что объектом моделирования, что крайне важно, здесь выступает пространственно-временной управляемый процесс функционирования рассматриваемого предприятия.

Основная идея метода заключается в том, что реализация такого цикла осуществляется только в актуальной ситуации, когда ситуация достоверно известна. Действительно, на данный момент орган управления знает о рассматриваемом объекте моделирования практически все. В данной полностью определенной обстановке (каковой, например, является исходное состояние системы) конструируется полная совокупность актуальных на данный момент вариантов ресурсно и технологически допустимых частных решений. Каким-то образом одно из них принимается и становится элементом плана (конструируется очередной элемент плана). Затем производится имитация процессов реализации этого элемента плана. В результате система приходит в новое вполне определенное состояние (наступает «завтра»), и процедура повторяется вновь. Именно поэтому метод назван нами конструктивно-имитационным методом (КИМ-методом).

Отметим два важных момента. Плановый период целесообразно разбить на некоторые интервалы, которые назовем временными квантами, по которым и производятся временные шаги. Размер последних зависит от специфики рассматриваемого объекта. Однако он должен быть таким (это правило должно неукоснительно выполняться), чтобы в рамках одного кванта времени не осуществляются два или более противоречащих друг другу частных решения, например, принять и отменить одно и то же решение (в последующие же временные интервалы такое в принципе возможно). Это условие не слишком обременительно (всегда можно сузить временной квант), но оно обеспечивает внутреннюю непротиворечивость процесса формирования решения задачи и резко сокращает размер пространства возможных альтернатив. В данном случае за элементарный временной промежуток времени целесообразно брать сутки (рабочий день).

В рамках данного промежутка времени рассматриваются все без исключения компоненты системы, при этом относительно каждого из них может либо исполняться ранее принятое частное решение (причем, как относительно начала исполнения нового действия, так и на продолжение действия, которое уже осуществлялось в ходе предыдущего временного кванта), либо формироваться полное множество альтернатив нового частного решения, которое может быть и пустым. При этом относительно данного компонента формируются только ресурсно и технологически возможные в данной сложившейся ситуации варианты решений. Тем самым обеспечивается полнота рассматриваемого множества вариантов решения задачи и потенциальная исполнимость плана.

Основные этапы КИМ – метода таковы.

1. На данном временном интервале для каждого компонента формируется полное множество возможных альтернативных частных решений. Если оно пусто, то переходят к следующему временному интервалу. Инициатива формирования проекта решения для дан-

ного компонента принадлежит либо другому компоненту (ему, что-то надо и это что-то входит в компетенцию данного компонента), либо предписано условиями задачи, например, отгрузить на данную дату заказчику определенный объем готовой продукции.

2. Каждое из сформированного множества потенциально возможных частных решений взвешивается. Вес, как и обычно, призван учесть все «за» и «против» данного варианта решения. Вес G_j каждой j -ой альтернативы формируется, как некоторая свертка учитываемых в модели факторов. Для этих целей нами обычно применялась и рекомендуется следующая формула

$$G_j = \frac{\sum_{\forall h} c_h g_{jh}}{\sum_{\forall r} c_r q_{jr}},$$

где g_{jh} - значение h -ого параметра, увеличение значения которого в целом соответствует поставленным перед объектом управления целям. Это, например, прибыль, качество продукции, имидж фирмы и т.п.;

q_{jr} - значение r -ого показателя, уменьшение значения которого в целом соответствует поставленным перед системой целям. Это такие показатели как время, себестоимость продукции, количество отходов и другие;

c_h, c_r - коэффициенты настройки модели, о которых будет сказано ниже.

3. На множестве весов $\{G_j\}$ производится выбор одного из них в качестве компонента формируемого плана. Этот выбор целесообразно осуществлять методом рандомизированного розыгрыша, схема которого такова. Пусть ξ - случайное значение равномерно распределенной на отрезке $[0,1]$ величины. Тогда выбранной является та альтернатива j^* , которая первая (по мере возрастания j) удовлетворяет условию

$$j^* = \min_k \frac{\sum_{j=1}^k G_j}{\sum_{j=1}^{j_0} G_j} > \xi,$$

где k - число сформированных альтернатив, j_0 - количество сформированных альтернатив.

Возможным критикам использования такой, в общем-то «слепой», процедуры поясним, что по крайней мере на этапе построения модели рандомизированный розыгрыш на полном множестве альтернатив принципиально необходим, поскольку исключение любых ресурсно и технологически возможных частных решений может приводить (кстати, что мы и видим при использовании других механизмов) к неэффективному решению задачи в целом (частное решение с малым весом иногда может вести к наилучшему общему решению поставленной задачи). Для более тонкого учета особенностей рассматриваемых систем или условий их функционирования на этапе эксплуатации модели служат коэффициенты настройки c_h, c_r .

4. После выбора частного решения осуществляется процедура его фиксации: в определенные моменты времени в отношении все участвующих в исполнении выбранного частного решения компонентов системы должны быть осуществлены (в соответствии с формируемым планом) вполне определенные действия. Кроме того, что очень важно, вносятся изменения в состояние объекта, например, фиксируются изменения в наличии ресурсов.

Отметим, что в течение рассматриваемого кванта времени принятые решения не исполняются, они реализуются лишь в последующие кванты времени. Кроме того, поскольку формируются только ресурсно и технологически реализуемые на данном этапе частные решения, то выбранное решение, безусловно, может быть исполнено. Продолжительность реализации решения может захватывать несколько временных квантов. В этом случае соответствующие изменения также фиксируются.

5. После приведения объекта в конечное состояние (в данном случае получении плана действий всех компонентов предприятия по выполнению рассматриваемого заказа) совокупность всех выбранных частных решений и образует искомый план деятельности предприятия по выполнению данного заказа. Поскольку при его построении использовался рандомизированный розыгрыш, то формируется лишь один из возможных технологически и ресурсно выполнимых планов, показатели которого есть возможный набор значений характеристик. Иначе говоря, мы формируем лишь один из возможных планов. В этой связи процедуру формирования плана следует повторить многократно (провести серию реализаций описанных процедур) и на полученном множестве планов выбрать наиболее в смысле принятых критериев подходящий.

Используемые в модели коэффициенты настройки могут играть несколько ролей. Так, с их помощью можно регулировать важность того или иного фактора, т.е. менять тактику планирования и переходить к иным критериям эффективности W . С их помощью можно трансформировать функцию распределения сгенерированных планов. Последнее позволяет за (см. рис.2) сравнительно небольшое число прогонов модели получить вариант достаточно близкий к оптимальному W^* .

Здесь уместно привести аналогию с телевизионным приемником. Его назначение – преобразовывать электромагнитные волны в переносимых ими зрительное изображение и звук. Наличие регулировочных устройств на приемнике позволяет вести настройку по изображению и звук, а также переключаться на иные каналы. При этом сам телевизионный приемник не изменяется, изменяются лишь некоторые из регулируемых параметров. КИМ-модель также описывает процесс построения плана функционирования рассматриваемого объекта, корректировать который (настраивать) позволяет механизм подбора значений коэффициентов настройки.

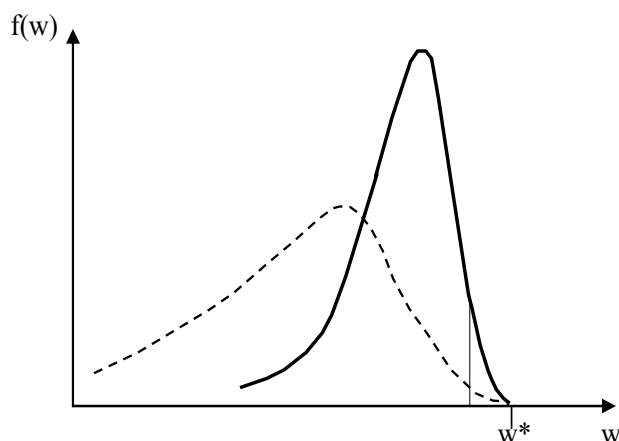


Рис. 2. Настройка модели

4. МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ПЛАНА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ИСПОЛНЕНИЮ ПОЛУЧЕННОЙ ЗАЯВКИ

Опишем упрощенную схему формирования возможного технологически и ресурсно допустимого плана исполнения предприятием одной полученной от заказчика одной заявки. Пусть заявка на производство продукции (в самом упрощенном виде) представляет собой следующий вектор $Z = (m, Tz)$, где: m – объем заказываемой продукции, Tz – время исполнения заказа (рассматривается однопродуктовая заявка).

Прогнозируя развитие ситуации, предприятие может изготавливать продукцию независимо от наличия заявок (работать на склад). Для этого оно закупает необходимые расходные материалы, производит продукцию, содержит определенный запас как материалов, так и готовой продукции. Вся соответствующая информация на каждый текущий день и перспективу (что уже запланировано и утверждено) содержится в базе информационной поддержки деятельности предприятия. Для нашего изложения потребуются:

$n(t)$ - объем нераспределенных по заказчикам запасов на складе готовой продукции на день t ;

$h(t)$ - объем продукции, которое может изготовить предприятие в день t (характеризует свободные мощности производства);

$s(t)$ - объем нераспределенных для производственного задания запасов расходных материалов, которые имеет предприятие на день t ;

$l(t)$ - объем нераспределенных финансовых ресурсов, которые может израсходовать предприятие на приобретение расходных материалов в день t

Органы управления предприятия на основе результатов опыта работы, анализа обстановки и прогнозирования развития ситуации, исходя из поставленных целей формулируют правила своего поведения при ведении диалога с заказчиком и разработке плана выполнения заявок. В первую очередь это стремление держать некоторый запас ресурсов и возможностей. Поэтому в общем случае целесообразно формировать решения, в соответствии с которыми: не весь заказ исполняется за счет продукции, находящейся на складе (часть заказа следует целенаправленно изготовить), производственные мощности не задействовать в полную силу и желательно загружать их, например, равномерно, не все материалы берутся с соответствующего склада, часть их может закупаться и др.

Такого рода правила могут быть формализованы с использованием лингвистических переменных. В данном изложении мы будем использовать:

$\mu_i(x)$ - функцию принадлежности, описывающую возможность выдавать изделия со склада готовой продукции, руководствуясь одним из следующих правил: если $i=1$, то берем небольшую часть запасов, если $i=2$ или $i=3$ то близкую к половине и большую часть запасов соответственно. Выбор одного из этих трех правил осуществляется заблаговременно при настройке модели. По существу, каждое значение $\mu_i(x)$ - мера целесообразности, с которой со склада берется соответствующая часть запасов ($0 \leq x \leq 1$). В практических целях эти сведения удобно представлять в виде решетчатой функции $\mu_i(x_k)$, где x_k - фиксированная доля запасов продукции, которая может изыматься со склада в интересах удовлетворения части данной заявки (см. рис.3).

Аналогичные функции вводятся и для всех остальных подсистем:

$v_i(x)$ - функция принадлежности, описывающая целесообразность задействовать часть свободных мощностей производства для удовлетворения рассматриваемой;

$\phi_i(x)$ - функция принадлежности, описывающая целесообразность обеспечить производство имеющимися запасами материалов;

$\varphi_i(x)$ - функция принадлежности, описывающая целесообразность финансировать закупку необходимых материалов.

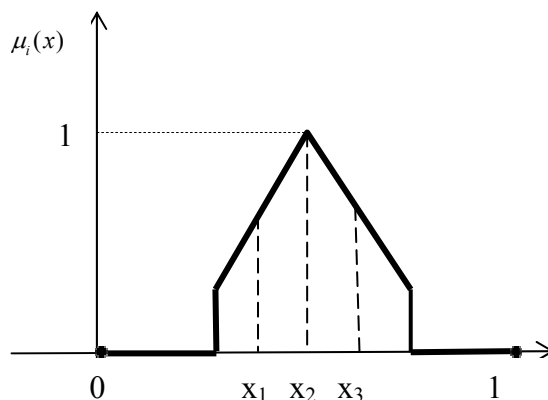


Рис. 3. Решетчатая функция принадлежности

Естественно, что формирование плана выполнения заявки следует начинать с определения потенциальной возможности удовлетворения заявки в указанных объемах и сроки (в данном изложении вопросы рентабельности считаются фиксированными и не рассматриваются). Для этого необходимо проверить выполнение условия

$$\max_{t \leq \tau \leq T_z} n(\tau) + \sum_{\tau=t}^{T_z-1} h(\tau) \geq m$$

Если оно не выполнено, это означает, что у предприятия нет возможностей исполнить данную заявку ни за счет запасов, ни за счет целевого изготовления продукции. В этом случае заявка отвергается либо начинают переговоры о корректуре заявленных условий, что можно рассматривать, как формулировка новой задачи. В случае удовлетворения этого условия приступают к формированию плана, схему расчетов которого иллюстрирует рис.4.

Построим логику расчета возможного плана выполнения заявки, используя следующую идею КИМ-метода: на каждом шаге построения плана рассматриваем частное решение относительно только одной подсистемы.

Если начинаем с рассмотрения склада готовой продукции, то необходимо принять решение о том, какая часть заявленного объема продукции берется с этого склада. Для этих целей при зафиксированном заранее i реализуется рандомизированный розыгрыш на множестве всех значений функции принадлежности $\mu_i(x_k)$, одного из ее аргументов - x_k , что позволяет сформировать решение о выдаче со склада готовой продукции в количестве $u = \min(n(t) \cdot x_k, m)$ единиц.

Примечание. Подобные вычисления могут быть проведены не только на день подачи заявки, а по более сложной схеме, рассматривая все дни на промежутке $[t+1, T_z-1]$. Здесь этот вариант не рассматривается.

При выборе такого частного решения остальную часть заказа в количестве $r = m - u$ единиц уже необходимо удовлетворить за счет собственно производства. Очевидно, что это можно реализовать за несколько производственных дней. Каких и сколько изделий изготовить в каждый из них? Дни производства должны укладываться в интервал $[t+1, T_z-1]$, где учтено условие, что результаты изготовления продукции могут быть выданы заказчику на

следующий день после их производства. Определение того, сколько единиц продукции и в какой день следует изготовить для выполнения рассматриваемой заявки, реализуется в два этапа. Вначале разыгрывается один из аргументов функции принадлежности $v_i(x_k)$, определяющий какую часть свободных мощностей можно задействовать, т.е. x_k . Затем разыгрывается день τ из интервала $[t+1, T_z - 1]$ (этот розыгрыш может учитывать, например, объем свободных мощностей). Для выбранного дня τ назначается объем производства, предназначенного для выполнения рассматриваемой заявке в количестве $r_\tau = \min(h(\tau) \cdot x_k, r)$ единиц. После этого производится фиксация принятого решения: $P(\tau) = r_\tau$, $h(\tau) = h(\tau) - r_\tau$. Затем $r = r - r_\tau$ и описанная процедура продолжается, причем до тех пор, пока не выполнится условие $r_\tau = 0$. В итоге получаем множество заказов на производство в интересах рассматриваемой заявки $P(\tau) \forall \tau \in [t+1, T_z - 1]$.

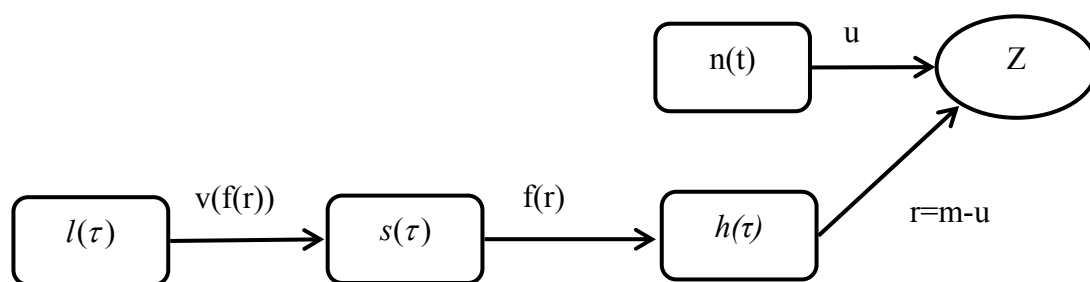


Рис.4. Схема расчета плана выполнения заявки

Запланированное производство нуждается в обеспечении расходуемыми материалами. Определение того, какой объем материалов берем со склада материалов, а какой закупаем на рынке, предлагается осуществлять по аналогичной схеме, но с учетом времени, необходимого для доставки закупаемых материалов.

Описанная процедура позволяет получить план действий предприятия по исполнению данной заявки

$$Pz = (u(Tz), P(\tau), Ps(\tau - 1), Pl(\tau - \alpha) \forall \tau \in [t + 1, Tz - 1]), \quad (1)$$

где $Ps(\tau - 1)$, $Pl(\tau - \alpha)$ - фрагмент плана для деятельности склада материалов и финансовых органов соответственно, α - временное упреждение, необходимое для проведения закупок материалов.

Отметим, что план (1) всегда ресурсно и технологически допустим, поэтому процедура его формирования занимает центральное место в схемах выработки решений по управлению предприятием в части исполнения заявок на приобретение выпускаемой им продукции.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На предприятие поступает поток заявок, который является случайным. В этой связи предприятие заинтересовано в успешной деятельности на определенном промежутке времени, т.е. исполняя серию заявок. Эффективность же выполнения нескольких заявок существенно зависит от принятых решений относительно каждой из них. Однако, рассматривая данную

заявку, характеристики каждой из будущих заявок неизвестны, как неизвестны и характеристики потока заявок в целом.

Изложенный подход позволяет проводить исследования, выявлять некоторые закономерности и настраивать модель проводить, отталкиваясь как от интересов предприятия, так и характеристик внешней среды

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронов М.В. Введение в системный анализ. - Тирасполь: Полиграфист, 2011. - 224 с.
2. Воронов М.В., Шпак В.Ф. Концепция конструктивно-имитационного моделирования операций. //Военная мысль №10. - 1990. С.92-94.
3. Воронов М.В. Конструктивно-имитационное моделирование слабоструктурированных систем. //Известия МАН ВШ, №4(42). - 2007г. С.156-165.

Работа поступила 10.01.2017г.