

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РАН
CENTRAL ECONOMICS AND MATHEMATICS INSTITUTE RAS

РОССИЙСКАЯ
АКАДЕМИЯ НАУК

RUSSIAN
ACADEMY OF SCIENCES

В.И. Данилин, Д.А. Жданов,
А.С. Плещинский

СИСТЕМЫ МОДЕЛЕЙ СОГЛАСОВАННОЙ
ОПТИМИЗАЦИИ МНОГОСТАДИЙНОГО
ПРОИЗВОДСТВА С УЧЕТОМ РЕСУРСНЫХ
И ТОВАРНЫХ РЫНКОВ

Препринт # WP/2017/324

Москва
ЦЭМИ РАН
2017

УДК 303:338.3

ББК 65.23

Д18

Данилин В.И., Жданов Д.А., Плещинский А.С. Системы моделей согласованной оптимизации многостадийного производства с учетом ресурсных и товарных рынков [Текст] / Препринт # WP/2017/324. – М.: ЦЭМИ РАН, 2017. – 46 с. (Рус.)

В работе показано, что разработка как долгосрочного, так и текущего планов ведется одновременно несколькими функциональными службами (например, планово-экономический отдел (ПЭО), отдел труда и зарплаты (ОТиЗ), финансовый отдел (ФО) и т.д.). Причем, как правило, у каждого отдела разная глубина проработки основных показателей и свои целевые установки, связанные с выработкой решения по разрабатываемому разделу плана. Возникает проблема согласования решений между подразделениями компании, участвующими в разработке бизнес-плана, и дирекцией компании, принимающая окончательное решение. Для реализации этой процедуры разработаны две системы экономико-математических моделей.

Первая система моделей предполагает создание для каждого подразделения, участвующего в подготовке плана, своей конкретной модели. Например, для планово-экономического отдела, разрабатывающего производственную программу компании, используется модель линейного программирования, для отдела сбыта транспортная задача, которая позволит прикрепить изделия к конкретным потребителям, для финансового отдела используется имитационная модель формирования сводного финансового плана и т.д. Затем осуществляется жесткая связка моделей по входам и выходам, что позволяет централизованно разрабатывать на их основе бизнес-план компании. В этом случае подразделения подготавливают исходную информацию для моделей и в результате получают соответствующие решения. Вторая система моделей основана на принципе самостоятельного решения подразделениями по своим моделям, а результаты решений передаются другим подразделениям для корректировки их решений. В результате нескольких итераций достигается согласованное решение между подразделениями компании.

Ключевые слова: компания, функциональные подразделения, согласование решений, горизонтальное и вертикальное, системы моделей, система параметров, единый критерий, множество критериев.

JEL: C53, D24.

Danilin V.I., Zhdanov D.A., Pleshchinskiy A.S. Systems of models of coordinated optimization of multistage production taking into account resource and commodity markets / Working paper # WP/2017/324. – Moscow, CEMI RAS, 2017. – 46 p. (Rus.)

In descriptions of the shows that the development of both long-term and current plans is conducted simultaneously by multiple functional services (for example, economic planning Office (PEO), the Division of labor and wages (Ortiz), the Division of Finance (DOF), etc.). And, as a rule, each Department has different depth elaboration of basic indicators and their targets-related decisions on the designed section of the plan. The problem arises of agreed solutions between units of the company involved in the development of the business plan and direction of the company, receiving the final decision. To implement this procedure developed two systems of economic-mathematical models.

The first involves creating a model for each entity that participates in the preparation of the plan, its specific model. For example, the Economic Planning Department, devising the production program of the company, used the linear programming model, sales for the transport task, which will attach to specific consumers, for the Finance Department uses a simulation model to generate consolidated financial plan, etc. Then tough bunch of model's inputs and outputs, allowing you to centrally develop on their basis of the business plan of the company. In this case, units preparing background information for models and as a result receive appropriate solutions. The second model is based on the principle of the system solve its unit's models and solutions are transferred to other departments to adjust their decisions. As a result, multiple iterations of an agreed solution are reached between the units of the company.

Keywords: the company, functional units, matching horizontal and vertical solutions, system models, system parameters, a single criterion, many criteria.

JEL: C53, D24.

УДК 303:338.3

ББК 65.23

ISBN 978-5-8211-0752-7

© Текст. Данилин В.И., Жданов Д.А., Плещинский А.С., 2017 г.

© ФГБУН Центральный экономико-математический институт РАН, 2017 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОГЛАСОВАНИЯ ПЛАНОВЫХ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ СТРУКТУРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ КОМПАНИИ.....	5
2. КОМПЛЕКСЫ МНОГОУРОВНЕВЫХ МОДЕЛЕЙ – МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА СОГЛАСОВАНИЯ РЕШЕНИЙ В КОМПАНИИ	10
4. СИСТЕМА МОДЕЛЕЙ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО СОГЛАСОВАНИЯ РЕШЕНИЙ РАЗЛИЧНЫМИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ КОМПАНИИ	31
Модель производственного отдела	32
Модель финансового отдела	33
Модель планового баланса	33
Модель плана прибылей и убытков (доходов и расходов).....	35
Модель плана движения денежных средств	36
Модель отдела сбыта	36
Модель отдела снабжения.....	37
5. СХЕМА СОГЛАСОВАНИЯ ПЛАНОВЫХ РЕШЕНИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО И ФИНАНСОВОГО ОТДЕЛОВ	39
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	45
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	46

ВВЕДЕНИЕ

Согласование производственных, финансовых и иных хозяйственных планов различных подразделений компании, в том числе различных иерархических уровней организации, является одной из важнейших задач, решаемых при построении единого плана развития компании. Причем чем более разветвленная организационная структура компании, чем больше ее объемы, тем важнее и одновременно сложнее становится данная задача.

Достаточно приемлемое решение может быть выработано только тогда, когда все лица, участвующие в формировании решения, объединяются через механизм единого управления, например, с помощью расчетов на единой сквозной сбалансированной модели формирования планов организации или за счет итерационного согласования решений между моделями отдельных структурных подразделений компании.

В данной работе вначале дается теоретическое обоснование проблем вертикального (по уровням иерархии) и горизонтального (между структурными подразделениями) согласования. Затем предлагаются две системы моделей согласования решений.

Первая система моделей предполагает централизованное решение проблемы согласования за счет построения взаимосвязанной системы моделей с единым критерием оптимизации.

Вторая система моделей построена по принципу: каждое подразделение имеет свою модель со своим критерием оптимизации, а согласование происходит за счет итерационного процесса передачи решений одних подразделений в другие.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОГЛАСОВАНИЯ ПЛАНОВЫХ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ СТРУКТУРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ КОМПАНИИ

Согласование производственных и финансовых и иных хозяйственных планов различных подразделений компании, в том числе различных иерархических уровней организации является одной из важнейших задач, решаемых при построении единого плана развития компании. Причем чем более разветвленная организационная структура компании, чем больше ее объемы, тем важнее и одновременно сложнее становится данная задача. Проблемы формирования единого плана развития организации связаны с несколькими аспектами (Багриновский, 1977; Внутрифирменное планирование..., 2000). Тут, в частности, можно отметить следующие позиции:

Каждый из управленческих иерархических уровней компании пользуется своей информацией, своим уровнем детализации исходных данных, используемых для проведения плановых расчетов, например, степень временной детализации существенно расходится при решении плановых задач на верхнем уровне управления и в низовых службах;

Различные подразделения и службы компании, даже одного иерархического уровня, преследуют свои хозяйственные интересы, они нацелены на достижение функциональных задач конкретной структурной единицы, а такие задачи могут расходиться друг с другом и с целями компании в целом.

Поясним подробнее проблемы, которые возникают при таком согласовании и обозначим возможные пути решения указанных задач. Начнем со второй из обозначенных проблем.

Обычно в компании подразделения одновременно решают различные спектры проблемы, в то же время все операции в организации взаимозависимы и изменение в одной области деятельности может повлиять на другие ее сферы. Как же должно быть скоординировано решение планово-управленческих проблем, решаемых в различных подразделениях, чтобы получить удовлетворительные для организации результаты? И как организация может помешать отдельным подразделениям принимать решения, которые противоречат решениям, разработанным другими службами?

Проблема согласования порождается разделением труда при формировании решений в организации. Поскольку обычно решение проблемы вырабатывается и затем осуществляется различными подразделениями, то возникает возможность то-

го, что, будучи выгодным для его инициаторов, оно может отрицательно влиять на другие подразделения. Более того, результаты деятельности различных подразделений часто противоречивы, и если какое-то из подразделений заботится только о собственной выгоде, не принимая во внимание интересы других служб, то общий результат может быть нежелательным.

Выход (или результат) деятельности одного подразделения может служить входом для другого. Поэтому если некоторое подразделение пытается максимизировать свою выгоду и вводит изменения, которые повлияют не только на получаемую им отдачу, но и на его выход, то вход следующего за ним подразделения также изменится, что в свою очередь повлияет на отдачу и выход этого подразделения. Таким образом, изменение в одном подразделении может повлиять на выходы в других подразделениях, которые окажутся для них либо выгодными, либо убыточными.

Примером таких явлений может служить противоречие, возникающее при продаже товаров в кредит. Одной из целей кредитного отдела является организация работы при условии поддержания низкого уровня безнадежных долгов, тогда как цель отдела сбыта – увеличивать объем продаж. Поэтому в отделе сбыта склонны недооценивать фактор риска кредитования, тогда как в кредитном отделе, более осторожном и стремящемся к высоким стандартам кредитования, этому фактору придают особое значение. Если кредитный отдел автономен или, по крайней мере, может свободно устанавливать стандарты кредитования, он отвергнет многих потенциальных потребителей, уменьшив тем самым объем продаж. Благодаря высоким стандартам доля безнадежных долгов окажется исключительно низкой, но полученные таким образом выгоды могут быть потеряны из-за сокращения сбыта.

Поскольку каждое подразделение преследует собственные выгоды, между ними могут возникать конкуренция или конфликты, причем каждое подразделение, стремясь максимизировать свою отдачу, будет стараться переложить некоторые недостатки в своей работе на другие подразделения. Например, отдел сбыта, стремясь к увеличению объема реализации продукции, не прочь переложить риск безнадежных долгов на кредитный отдел, а отдел организации производства, изыскивая способы уменьшения затрат труда, может вызвать конфликт с рабочими, который придется разрешать отделу кадров.

В бюрократической системе принятия решений эти противоречия могут подниматься вверх до уровней управления, на которых их разрешают, однако разнообразные «узкие места» могут задерживать такие решения. Руководство высшего уровня может не иметь достаточного времени для устранения этих явлений, и противоречия становятся хроническими или даже обостряются. Если в организации

враждебность преобладает над стремлением работать сообща для увеличения общей выгоды, то некоторые подразделения, возможно, будут стараться свести на нет усилия остальных. Такое отношение к делу в действительности не так уж необычно, и подобный исход не столь чрезвычайное явление, поскольку сотрудники подразделений обычно связывают свое личное благополучие с успехами своих подразделений. И это может быть одинаково справедливо как в отношении лиц, вырабатывающих решения, так и в отношении исполнителей.

Как же можно решить данное противоречие: обеспечить согласование действий и планов различных подразделений? При рассмотрении предложения по совершенствованию деятельности организации необходимо делать акцент на определении чистой выгоды всей компании, а не только от отдачи, получаемой одним подразделением. Но как определить общий результат деятельности организации? И каким образом каждое подразделение может узнать о том, как повлияют на его работу предполагаемые изменения? Чтобы установить влияние изменения на конкретную операцию, каждое подразделение должно знать, какие изменения рассматриваются и как повлияют на его работу предполагаемые изменения. Если предположить, что лицо, вырабатывающее решения, является хорошим специалистом в своей области, обладает необходимым инструментарием, то, зная о предполагаемом изменении, он сможет составить о нем компетентное мнение, и это позволит подразделению вычислить, оценить влияние изменения на свои выходные и входные параметры и суммарную отдачу компании.

Достаточно приемлемое решение может быть выработано только тогда, когда все лица, участвующие в формировании решения, объединяются через механизм единого управления, например, с помощью расчетов на единой сквозной сбалансированной модели формирования планов организации.

Первоначальное локальное решение, принимаемое на уровне отдельного подразделения, следовательно, может не быть окончательным; по мере того, как оно согласовывается между различными подразделениями организации, в него может быть внесено много изменений. Такие изменения могут носить как непосредственный, прямой характер, так и обратный, т.е. когда планы одной службы влияют на задачи другой, а ее результаты, в свою очередь, снова влияют на исходное подразделение. В таком случае требуется итерационная процедура оценки взаимных влияний подразделений. При этом общим критерием всегда будет благосостояние организации в целом.

Следующая обозначенная проблема согласования плановых параметров — это координация решений, принимаемых службами, относящимися к различным иерархическим уровням управления.

Для формирования программы развития компании или производственной программы обычно используется набор разноплановых иерархических моделей, направленных каждая на решение своих управленческих задач. Наиболее заметными их представителями являются модели, описывающие функционирование и задачи трех основных иерархических уровней управления. Это модели долгосрочного, или стратегического планирования (1-й уровень иерархии), модели текущего, или объемно-календарного планирования (2-й уровень), модели оперативного планирования и регулирования (3-й уровень). В случае формирования сквозной единой модели производственной деятельности компании возникает необходимость согласования результатов таких моделей, описывающих решение задач различных иерархических уровней и, желательно, оптимизации их взаимных влияний.

В качестве примера задачи такой оптимизации можно привести потребность в согласовании решений оперативного уровня управления (3-й уровень) и текущего планирования (2-й уровень). В первом случае последовательность работ описывается как сетевой график, соответствующий технологическим особенностям бизнеса, описывающий последовательность и сроки выполнения операций, возможные взаимные пересечения производственных операций, их временное соответствие. Во второй задаче, в текущем планировании, мы имеем дело уже с укрупненными параметрами, которые не обращают внимания на мелкие особенности технологии, а фиксируют укрупненные параметры объекта: фонд времени работы оборудования за укрупненный временной период (квартал, год), наличие рабочей силы, иные имеющиеся (требуемые) ресурсы в течение рассматриваемого периода. В данной ситуации укрупненные параметры, получаемые в рамках объемно-календарного планирования, выступают как ограничения для составления оперативного плана. Здесь понадобится согласование полученной производственной программы, с одной стороны, с укрупненными организационно-технологическими условиями производства, а с другой – с пошаговым календарным графиком выполнения операций, с ограничениями, накладываемыми технологическими требованиями, с графиком поставок исходного сырья, реализации конечных продуктов.

На верхнем уровне управления при формировании долгосрочной или годовой программы производства (1-й уровень иерархии) мы имеем дело уже с обобщенными технико-экономическими показателями деятельности компании, с обеспечением ее эффективного функционирования с учетом таких данных как: условия конкурентной среды, ограничения, задаваемые рыночным окружением, стоимость сырья и иных ресурсов; здесь выбираются возможные источники и направления финансирования. На верхнем уровне управления определяются результативность организационной структуры, достаточность основных средств, имеющихся техно-

логий, закладываются необходимые резервы мощностей, определяются источники финансирования. При формировании производственной программы компании такие показатели должны быть согласованы с объемно-календарными параметрами деятельности компании, с которыми имеет дело уже уровень текущего управления.

Для согласования планов различных иерархических уровней используются различные подходы. Так при согласовании планов в иерархических организационных системах хорошо себя зарекомендовали методы итеративного агрегирования (Итеративное агрегирование..., 1979). Тут также можно отметить модели, основанные на последовательном расчете планов различных уровней и их постепенном сближении в рамках единой сквозной согласованной модели. Такой адаптивный вариант расчета основан на моделировании взаимного влияния моделей различных уровней друг на друга, их пересчете с учетом взаимных ограничений.

Для моделей каждого из иерархических уровней может использоваться свой критерий оптимизации, позволяющий, например, получить искомую рациональную производственную программу, эффективно использовать имеющиеся ресурсы, получить максимальную прибыль. В данной ситуации параметры, полученные на верхнем иерархическом уровне, будут выступать как ограничения для задач более низкого уровня. В случае, если рациональная программа не может быть построена при заданных ограничениях, полученных на верхнем уровне управления, происходит корректировка таких решений, например, моделируется привлечение дополнительных ресурсов или снижение требований к продукции. Так продолжается до тех пор, пока не будет получена программа, удовлетворяющая все управленческие уровни.

Таким образом согласование плановых решений, получаемых на различных иерархических уровнях управления и в рамках отдельных служб компании, нацелено на поиск взаимоприемлемого варианта обобщенного плана компании. Такое решение может быть сформировано в рамках итерационной процедуры, позволяющей сформировать единый план, последовательно агрегируя / дезагрегируя параметры, характеризующие деятельность отдельных иерархических уровней многоуровневой структуры, или путем учета взаимного влияния подразделений одного иерархического уровня на сквозной обобщающий критерий.

2. КОМПЛЕКСЫ МНОГОУРОВНЕВЫХ МОДЕЛЕЙ – МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА СОГЛАСОВАНИЯ РЕШЕНИЙ В КОМПАНИИ

Методологической основой построения экономико-математического инструментария формирования согласованных решений в системах внутрифирменного управления являются *комплексы* многоуровневых моделей.

Разнообразие объектов, производственных процессов и проблемных ситуаций, взаимосвязь решений и их комплексное влияние на цели управления требуют развития теории проектирования компьютерных систем, по крайней мере, в двух направлениях.

Первое состоит в разработке комплексов моделей, описывающих формирование иерархических решений для достаточно представительных классов объектов. *Второе* заключается в необходимости получения согласованных решений и неразрывно с первым.

Различные уровни системы управления определяются временем жизни решений от момента их принятия до исполнения, когда состоялось воздействие решения на управляемый процесс и целесообразна реализация нового аналогичного решения для текущего состояния управляемого процесса и внешней среды. С точки зрения уменьшения времени жизни решений иерархический комплекс моделей оптимизации в интерактивной системе внутрифирменного управления можно в общем случае представить, рассматривая вертикаль управления сверху вниз и выделяя главные, определяющие уровень управления решения, следующим образом:

I. *Модели развития* предприятия для принятия решений, связанных с **изменением производственной структуры** объекта, объемов и ассортимента продукции (стратегическое управление).

II. *Задачи оптимизации производственной программы* предприятия для выбора выпускаемых в рассматриваемом периоде времени продуктов (текущее управление).

III. *Объемно-календарное планирование производства* для распределения производственной программы предприятия по его подразделениям и во времени (текущее управление).

IV. *Планирование и регулирование подразделений* предприятия в текущем периоде времени (оперативное управление).

Выделим **два пути** оптимизации согласованных решений в системе внутрифирменного управления.

Первый соответствует случаю, когда формулируется глобальная модель, включающая рассматриваемые взаимосвязанные переменные управления, причем известен эффективный в вычислительном отношении метод поиска решения этой модели.

В другом случае, когда определяемые управленческие воздействия входят в различные модели формирования решений, и используется иерархическая модель, необходимо применять процедуру согласования решений соответствующих уровней.

Каждый из этих способов оптимизации согласованных решений используется в зависимости от объекта или процесса управления. Структура разработанного комплекса моделей оптимизации согласованных решений в интерактивной системе внутрифирменного управления показана в табл. 1.

Таблица 1

Уровень управления	Модели оптимизации	
I	Модели оптимального развития производственной структуры предприятия, согласованной с программами финансирования инвестиционного процесса и производства конечных продуктов	
II	Глобальная модель согласованной оптимизации многостадийного производства с учетом ресурсных и товарных рынков	Двухуровневая модель оптимизации производственной программы, согласованной с организационно-технологическими условиями функционирования производства. Параметрическая объемно-динамическая модель оптимизации производственной программы
III	Сетевые модели оптимального функционирования производства	
IV	Сетевые модели оптимального планирования и регулирования сборочных процессов с непоточной формой организации	Сетевые модели оптимального планирования и регулирования сборочных процессов с поточной формой организации

Для выработки решений на уровне I стратегического управления предназначена модель *оптимального развития производственной структуры* предприятия, согласованной с программами финансирования инвестиционного процесса и производства конечных продуктов.

Основным средством достижения целей этого уровня управления служит реализация инвестиционных проектов развития предприятия. Возможны по крайней мере два пути построения моделей развития производства.

В первом сначала формируются отдельные инвестиционные проекты, и затем решается задача их оптимального отбора с определением сроков выполнения с

целью получения максимального эффекта для предприятия в целом. В этом случае результат оптимизации зависит от сформированных проектов, не исключена целесообразность пересмотра состава отдельного проекта. Возможен выбор другого комплекта оборудования для некоторого производственного подразделения, отличающегося составом, качеством, ценой, сроками внедрения от момента оплаты до эксплуатации, или учет последствий изменения состава проекта за счет рассмотрения соответствующего альтернативного, который включается в набор проектов для дальнейшего отбора. Благодаря этому указанный способ моделирования имеет важное теоретическое и практическое значение и получил существенное развитие. В общем случае, однако, пересмотр состава одного проекта может повлечь потребность изменения других, возникает проблема их согласования, что в рамках этого подхода приводит к техническим трудностям моделирования.

В такой ситуации предлагается применять *другой способ*, в котором отдельные проекты сначала не формируются, а модель учитывает множество видов групп оборудования, как входящих в производственную структуру предприятия, так и нового типа, которые могут внедряться при реализации программы развития. Изменение производственной структуры предприятия в целом осуществляется за счет выбытия одних групп оборудования и внедрения других видов основных фондов и изменения, если это целесообразно, состава трудовых ресурсов.

С решениями по развитию производственной структуры тесно связаны *управленческие воздействия по финансированию инвестиций*, производства конечных и поставок исходных продуктов.

Программа финансирования развития предприятия определяет поступления собственных средств от функционирования и реализации выбывающего оборудования, определяет сроки и объемы заимствований и возврата долга.

Программа производства определяет объемы выпуска конечных продуктов различных видов.

Программа поставок задается объемами необходимых различных исходных продуктов.

Модель учитывает условия финансовой реализуемости проекта, требование полного возврата займа, необходимые условия обеспеченности процесса выполнения производственной программы ресурсами новой производственной структуры, масштаб изменения производственной структуры, условия обеспеченности процесса выполнения производственной программы исходными продуктами, зависимость операционных затрат от производственной программы и структуры, прирост оборотного капитала, связанный с расширением производства.

Принимаемые на этом уровне управленческие решения указанных видов согласованы в том смысле, что они удовлетворяют условиям связей решений и всем ограничениям, существенным с точки зрения адекватности модели и проблемной ситуации. С учетом трансформационных издержек развитие производственной структуры должно давать для предприятия в целом. В условиях рынков средств производства, труда, товаров, капитала, положительный экономический эффект от выполнения инвестиционной программы.

На уровне II текущего управления осуществляется оптимизация производственной программы предприятия в условиях заданной структуры основных фондов и трудовых ресурсов.

Глобальная модель согласованной оптимизации многостадийного производства с учетом ресурсных и товарных рынков описывает решения этого уровня управления вместе с распределением производственной программы предприятия по подразделениям производственной структуры и по периодам планирования.

Использование этой модели дает согласованные решения уровней II и III системы управления. Производственная программа предприятия состоит из программ всех технологических стадий (подразделений предприятия), задающих объемы промежуточных и конечных продуктов, создаваемых в каждом периоде планирования, и должна быть согласована с программами поставок исходных и реализации конечных продуктов.

Согласованность решений, определяемых с помощью данной модели, состоит в том, что объемы производства промежуточных и конечных продуктов, поставок исходных, реализации конечных продуктов, время простоев и сверхурочных трудовых ресурсов должны удовлетворять условиям связи перечисленных решений и существенным ограничениям, характерным для соответствующей проблемной ситуации.

Динамическая модель оптимизации согласованных программ многостадийного производства, материально-технического снабжения и реализации продукции описывает производственный процесс в терминах потоков продуктов (flow-shop), задавая объемы промежуточных и конечных продуктов различных видов, выпускаемых в рассматриваемых периодах времени. С точки зрения вычислительной сложности поиска решения целесообразно, чтобы переменные задачи не были целочисленными.

С достаточной степенью адекватности можно считать таковыми объемы продуктов и другие искомые величины и использовать модель для оптимизации производственной программы вместе с распределением этой программы по подразделениям производственной структуры и по периодам планирования для пред-

приятый химической, нефтехимической, металлургической промышленности, приборостроения, серийного машиностроения.

Моделирование единичного и мелкосерийного производства требует его описания в терминах систем работ (job-shop), когда технологический процесс задается комплексами операций, соответствующих созданию изделий. В этом случае переменные задачи, определяющие производственную программу предприятия и его подразделений, являются целочисленными.

Для данного класса объектов процесс принятия решений, связанных с выбором производственной программы как ассортимента выпускаемых в рассматриваемом интервале времени изделий и планированием работы подразделений предприятия для определения комплекса операций, выполняемых в периодах функционирования, является двухуровневым. Описание этого процесса в виде одноуровневой (глобальной) модели предназначено для обоснования процедуры согласования решений двух уровней. Для выбора программы единичного и мелкосерийного предприятия и планирования процесса ее выполнения служит двухуровневая модель оптимизации производственной программы, согласованной с организационно-технологическими условиями функционирования производства.

Решения задач первого и второго уровней, соответствующих формированию производственной программы в текущем интервале времени и ее распределению по периодам, составляющим этот интервал, считаются согласованными, если их композиция является оптимальным решением глобальной задачи, и несогласованными в противном случае.

Согласование решений этих задач означает с организационно-экономической точки зрения согласование технико-экономического и объемно-календарного планирования производства. Важной особенностью двухуровневой модели является то, что организационно-технологические условия выполнения программы предприятия, сформированной первым уровнем, учитываются в модели второго уровня. Функционирование производства в соответствии с выбранной программой заключается в выполнении определенного комплекса операций, а ограничения на порядок выполнения этих операций представляют собой организационно-технологические условия функционирования предприятия. Производственная программа выполнима, когда с учетом этих условий наличных ресурсов достаточно.

Двухуровневая модель оптимизации производственной программы, согласованной с организационно-технологическими условиями ее выполнения, состоит из параметрической объемно-динамической модели оптимизации производственной программы и сетевой модели оптимального функционирования производства. Модель первого уровня описывает выбор производственной программы, которая мак-

симинизирует прибыль предприятия при ограничениях на используемые по периодам времени ресурсы, на количество, сроки начала изготовления и выпуска изделий. Второй уровень представлен сетевой моделью оптимального функционирования производства. В ней потребность в не складываемых ресурсах труда и оборудования учитывается по более детализированным промежуткам времени – тактам, из которых складывается каждый период.

С учетом ограничений на порядок выполнения заданных сетью работ определяется расход ресурсов каждой операцией в тактах производственного процесса, который оптимален по критерию равномерного по времени потребления ресурсов, а именно, минимизируется максимальное отношение используемого количества ресурсов к имеющемуся. Программа выполнима, если оптимальное значение такого критерия не превышает единицу и не выполнима в противном случае. В результате реализации компьютерной процедуры согласования определяется оптимальное решение исходной глобальной задачи.

На уровне III объемно-календарного планирования производства оптимизация решений, связанных с распределением программы предприятия по его подразделениям и во времени, осуществляется с помощью сетевых моделей оптимального планирования и регулирования. Они предназначены для объемно-календарного планирования при большой длительности производственных циклов изготовления изделий.

Одна из этих задач оптимального распределения ресурсов в сетях входит в двухуровневую модель оптимизации производственной программы, согласованной с организационно-технологическими условиями функционирования производства.

В случае, когда ассортимент изделий и объемы их производства заданы, оптимизация процесса функционирования состоит в минимизации затрат на выполнение программы.

Здесь возможны две группы проблемных ситуаций. *В первой* требуется выполнение программы без нарушения сроков выпуска изделий и минимизируется потребность в не складываемых ресурсах, измеряемая критерием, соответствующим проблемной ситуации. *Во второй* превышение заданного количества не складываемых ресурсов недопустимо и определяется распределение наличных ресурсов по операциям, для которого минимальны затраты, обусловленные сроками выпуска изделий и измеряемые критерием, величина которого зависит от этих сроков.

Уровень IV оперативного управления осуществляет планирование и регулирование подразделений предприятия в текущем периоде времени. Сетевые модели оптимального планирования и регулирования производства на этом уровне служат для компьютерной поддержки решений при планировании и регулировании сбо-

рочных процессов с непоточной формой организации, планирования и регулирования сборочных процессов в серийном производстве с поточной формой организации при большой величине ритма.

Рассмотрим модели оптимизации решений на первом уровне внутрифирменного управления. Важное значение для эффективного функционирования предприятий в условиях рыночной экономики имеет выбор оптимальных решений по формированию и реализации инвестиционного проекта (*ИП*) развития производственной структуры.

Такие решения составляют основную часть технологии среднесрочного внутрифирменного управления. Среднесрочным называется промежуток времени, для функционирования в котором осуществляется адаптация производственной структуры предприятия к таким характеристикам рынка, как спрос, цены на конечные и исходные продукты, стоимость средств производства, трудовых ресурсов. Реализуемая стратегия развития предприятия проявилась в конкретной его производственной структуре и используемых технологиях. Стратегические решения принимаются в условиях неопределенности и это обуславливает значение инвестиционного процесса развития предприятия для адаптации его производственной структуры к изменившейся рыночной среде.

На этапе формирования ИП развития предприятия происходит изменение в некоторых пределах производственной структуры (состава оборудования, используемых технологий, трудовых ресурсов) и производственной программы предприятия. Выбираются источники и объемы финансирования проекта развития, осуществляется планирование материально-технического снабжения. Задача заключается в определении капитальных вложений собственных и, возможно, заемных средств в основные фонды с целью оптимального развития производственной структуры предприятия, согласованной с программами финансирования инвестиционного процесса, производства конечных и поставок исходных продуктов.

Рассмотрим обстоятельства, которые надо учитывать при формировании ИП развития предприятия. Существенным является *учет сложившейся производственной структуры*. Процесс ее изменения является достаточно инерционным, так как реализация связанных с этим организационно-технологических мероприятий требует определенного времени. Старая производственная структура в новых условиях рынков товаров, капитала, средств производства, трудовых ресурсов может иметь различную экономическую эффективность. Выполнение программы развития предприятия *целесообразно*, когда с учетом трансформационных издержек изменение производственной структуры дает в новых условиях рынков *положительный экономический эффект*.

Модификация структуры средств производства и технологического процесса осуществляется за счет изменения состава оборудования. Неэффективное в новых условиях оборудование реализуется. Однако изменение внешних условий рынков в будущем может повлиять на оценку эффективности некоторой части оборудования и технологического процесса.

Это значит, что на данном этапе развития производства можно сохранить избыток мощностей, чтобы их эффективно использовать в дальнейшем. Масштаб расширения производства определяется увеличением количества единиц оборудования как новых, так и имеющихся видов и, соответственно, фондов времени его функционирования в текущем периоде времени.

Количество единиц дополнительного или нового оборудования различных видов, которое может быть внедрено в результате реализации оптимального в рассматриваемых условиях проекта развития, ограничено сверху. Независимо от размеров собственных и привлеченных средств, предложения и цен на рынке средств производства это целесообразно сделать, чтобы избежать возможных в будущем издержек от чрезмерного расширения производства при изменении рыночных условий.

В общем случае изменение структуры оборудования при реализации проекта развития влечет изменение состава трудовых ресурсов. Отсюда следует необходимость введения в модель оптимизации условий, определяющих выбор структуры трудовых ресурсов. Их количественный состав по специальностям определяет фонды времени этих ресурсов в текущем периоде. Предложение труда и возможности переквалификации работников задают верхнюю границу численности трудовых ресурсов. Нижняя граница обусловлена целесообразностью их сохранения для реализации стратегии развития предприятия.

При формировании ИП развития предприятия необходимо учитывать зависимость его производственной программы от производственной структуры. Продукция характеризуется различной фондоемкостью и трудоемкостью, поэтому ресурсы новой производственной структуры определяют программу выпуска конечных продуктов. Последняя должна быть согласована со спросом с учетом цен. Отсюда вытекает зависимость производственной структуры предприятия от спроса на его продукцию.

В модели должны быть учтены условия финансирования проекта развития. Они включают поступления собственных средств от функционирования предприятия на этапе инвестиционного цикла, от реализации выбывающего оборудования. При необходимости использования заемных средств программа финансирования определяет сроки и объемы заимствований и возврата долга. Модель определяет

согласованные программы развития производственной структуры, финансирования инвестиционного процесса, производства конечных и поставок исходных продуктов.

Первая программа задает виды и количество нового и выбывающего оборудования, численность привлекаемых и сокращаемых трудовых ресурсов различных специальностей. Эти переменные модели с учетом характеристик старой производственной структуры задают новую.

Программа финансирования инвестиционного процесса включает известные поступления собственных средств от функционирования предприятия на этапе инвестиционного цикла, определяет величины притоков от реализации выбывающего оборудования, при необходимости привлечения денег программа финансирования определяет сроки и объемы заимствований и возврата долга.

Производственная программа определяет с учетом спроса и цен объемы выпуска конечных продуктов различных видов. *Программа поставок* описывается количествами необходимых различных исходных продуктов. Оптимальное решение максимизирует интегральный эффект от реализации проекта развития.

Модель учитывает условия финансовой реализуемости проекта развития предприятия в каждом периоде инвестиционного цикла, требование полного возврата займа за период функционирования модернизированного предприятия, необходимые условия обеспеченности процесса выполнения производственной программы ресурсами новой производственной структуры, масштаб изменения производственной структуры, связь новой и старой производственных структур, условия обеспеченности процесса выполнения производственной программы исходными продуктами, условия реализуемости конечных продуктов, зависимость операционных затрат от производственной программы и структуры, прирост оборотного капитала, связанный с расширением производства. Максимизируется чистый доход от функционирования реорганизованного предприятия за заданное число периодов, приведенный на начало первого периода.

На уровне II текущего управления для оптимизации производственной программы предприятия, в условиях заданной структуры основных фондов и трудовых ресурсов, используется *глобальная модель* согласованной оптимизации многостадийного производства с учетом ресурсных и товарных рынков. Оптимизация решений по основным факторам и направлениям функционирования требует адекватного описания условий, определяющих номенклатуру и объемы производства, запасы исходных, промежуточных и конечных продуктов, технологию, структуру трудовых ресурсов и основных фондов, их удельные затраты, спрос и предложение на различных сегментах товарных рынков. Необходимо учитывать изменение цен,

циклы жизни товаров, уменьшение трудоемкостей, обусловленное опытом, новую структуру факторов производства в различные периоды времени вследствие реализации инвестиционной или инновационной стратегии.

Оптимизация решений основана на использовании *адаптивной модели*, учитывающей наиболее широкий набор характеристик проблемных ситуаций, возникающих на практике. Адаптация модели к условиям конкретной оптимизируемой стратегии осуществляется с помощью системы параметров. Моделирование внутрифирменного стратегического и текущего управления осуществляется в формате задачи оптимизации вида: $\max \mathbf{c}(\mathbf{p}_c)\mathbf{x}$ при условиях $\mathbf{A}(\mathbf{p}_a)\mathbf{x} = \mathbf{B}$, $\mathbf{a}(\mathbf{p}_b) \leq \mathbf{x} \leq \mathbf{b}(\mathbf{p}_d)$. В ней $\mathbf{c}(\mathbf{p}_c)$ – вектор коэффициентов $c_j(p_{cj})$ целевой функции, $\mathbf{A}(\mathbf{p}_a)$ – технологическая матрица ресурсоемкостей $a_{ij}(p_{aij})$, задающая расход факторов производства на единицу продуктов, \mathbf{B} – вектор факторов r_i производства, $\mathbf{a}(\mathbf{p}_b)$, $\mathbf{b}(\mathbf{p}_d)$ – векторы минимальных $a_j(p_{bj})$ и максимальных $b_j(p_{dj})$ значений искомых переменных, зависящие от параметров \mathbf{p}_c , \mathbf{p}_a , \mathbf{p}_b , \mathbf{p}_d , соответственно, \mathbf{x} – вектор искомых переменных. В этих выражениях величины p_{cj} , p_{aij} , p_{bj} , p_{dj} , $i = 1, \dots, m$; $j = 1, \dots, m$, являются компонентами векторов \mathbf{p}_c , \mathbf{p}_a , \mathbf{p}_b , \mathbf{p}_d параметров задачи оптимизации конкретной стратегии. При фиксированных значениях этих параметров имеем задачу линейного программирования.

Суть параметрического моделирования состоит в следующем. Рассматривается фиксированная коллекция стратегий. В ней выделена одна, называемая базовой, оптимизация которой адекватно описывается задачей: $\max \sum_{j=1}^n c_j x_j$ при услови-

$$\text{ях } \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = r_i, i = 1, \dots, m; a_j \leq x_j \leq b_j, j = 1, \dots, m.$$

Для каждой стратегии компоненты вектора целевой функции, технологической матрицы и вектора ограничений линейно зависят от параметров: $c_j(p_{cj}) = p_{cj} * c_j$, $j = 1, \dots, m$; $a_{ij}(p_{aij}) = p_{aij} a_{ij}$, $i = 1, \dots, m$; $j = 1, \dots, m$; $a_j(p_{bj}) = p_{bj} a_j$, $b_j(p_{dj}) = p_{dj} b_j$, $j = 1, \dots, m$. Итак, в модели оптимизации не базовой стратегии коэффициенты в целевой функции и ограничениях равны увеличенным в число раз p_{cj} , p_{aij} , p_{bj} , p_{dj} , $i = 1, \dots, m$; $j = 1, \dots, m$, значениям соответствующих коэффициентов в модели оптимизации базовой стратегии. Модель оптимизации базовой стратегия соответствует данным $\mathbf{c}(\mathbf{p}_c)$, $\mathbf{A}(\mathbf{p}_a)$, \mathbf{B} , $\mathbf{a}(\mathbf{p}_b)$, $\mathbf{b}(\mathbf{p}_d)$ при единичных значениях всех параметров.

Использование параметрического моделирования упрощает этап подготовки исходных данных задачи оптимизации. Значения $\mathbf{c}(\mathbf{p}_c)$, $\mathbf{A}(\mathbf{p}_a)$, \mathbf{B} , $\mathbf{a}(\mathbf{p}_b)$, $\mathbf{b}(\mathbf{p}_d)$ для различных стратегий и сценариев функционирования отличаются друг от друга чаще всего только в части их множества. Задавая величины соответствующих па-

раметров для конкретной стратегии или сценария функционирования, можно с меньшей трудоемкостью подготовить для нее исходные данные, используя описание базовой стратегии, которой соответствуют единичные значения параметров. Разработанные принципы параметрического моделирования позволяют адаптировать модель решаемой реальной проблемы управления к условиям задачи линейного программирования в каноническом виде и использовать существующие средства ее решения.

Объект моделирования представляет собой многономенклатурное предприятие (фирму) с производственным процессом, состоящим из параллельно – последовательных стадий. На каждой производится определенный ассортимент продуктов, которые являются промежуточными и потребляются на следующих этапах производства. Часть из них приобретается у внешних поставщиков и служит в качестве исходных. Конкретный набор продуктов реализуется внешним потребителям как конечные изделия. Предприятие действует на различных сегментах товарных рынков, отличающихся ценами, объемами предложения и спроса, совершая сделки по покупке исходной и продаже конечной продукции. Производственный процесс осуществляется по действующей в данном периоде времени технологии. Она характеризуется использованием определенного набора ресурсов труда и оборудования на единицу продукта. Расход исходных и промежуточных продуктов для выпуска производимых изделий задается их потребностью и влияет на запасы на конец каждого периода.

Реализация стратегий управления требует определения: объемов производства, запасов исходных, промежуточных и конечных продуктов, программы реализации готовых и поставок исходных продуктов в различных сегментах рынка, времени простоев или дополнительного времени работы трудовых ресурсов и оборудования в различные периоды функционирования.

Необходимо учитывать изменение технологии, структуры трудовых ресурсов и основных фондов, их удельных затрат, спроса и предложения на различных сегментах товарных рынков, изменение цен, циклов жизни товаров, уменьшение трудоемкостей, обусловленное опытом, новую структуру факторов производства в различные периоды времени вследствие реализации инвестиционной или инновационной стратегии.

Циклы жизни продуктов учитываются допустимым изменением минимального и максимального объемов их производства. Проявление эффекта опыта может задаваться уменьшением трудоемкости во времени. Изменение спроса и предложения характеризуется индексами цен. Этой стороне функционирования соответствует операционная производственная деятельность.

Развитие предприятия происходит в результате увеличения ресурсов, которые используются при действующей технологии, и объемов производства продукции, или путем внедрения новой технологии и соответствующего набора факторов производства с целью выпуска измененного ассортимента продукции, соответствующего новым условиям товарных рынков. Новая более эффективная технология может покупаться или быть результатом собственной разработки. Этой стороне действий соответствует инвестиционная или инновационная деятельность.

Финансовая стратегия состоит в привлечении денежных средств и в обслуживании долга с целью обеспечения операционной производственной и инвестиционной или инновационной деятельности предприятия.

Предметом моделирования является оптимизация внутрифирменных решений, которые необходимо принимать при стратегическом и текущем управлении производством.

Производственная программа, которая состоит из программ всех стадий бизнес-процесса, должна быть согласована с объемами закупок исходных и продаж конечных продуктов. Она задается количеством промежуточных и конечных продуктов, создаваемых в каждом периоде времени на определенных стадиях, и тем самым распределением потоков этих продуктов во времени. Производственная структура предприятия характеризуется составом трудовых ресурсов и основных фондов и определяет допустимое множество выпускаемых за один период времени на каждой стадии продуктов.

Остановимся на зависимости экономической эффективности производства от несогласованности производственных программ различных стадий, то есть от несогласованности внутреннего для предприятия предложения и спроса на его промежуточные продукты. Для выполнения производственной программы необходимо наличие на каждой стадии производственного процесса в любом периоде времени определенных количеств исходных и промежуточных продуктов различных видов, каковыми являются сырье, материалы и комплектующие изделия, приобретаемые у внешних поставщиков и производимые на предыдущих стадиях.

Используемые на конкретной стадии производства исходные и промежуточные продукты являются складываемыми ресурсами, причем их недостаток в определенном периоде приводит к потерям нескладываемых ресурсов труда и оборудования этой стадии производства, обусловленных простоями.

С другой стороны, избыток исходных и промежуточных продуктов влечет за собой альтернативные издержки, обусловленные связыванием оборотных средств в запасах незавершенного производства. Несогласованность программы выпуска конечных продуктов и спроса на них во времени приводит к альтернативным

издержкам от иммобилизации оборотных средств в запасах готовой продукции. Во всех этих ситуациях экономическая эффективность функционирования предприятия уменьшается, поэтому планы производства различных стадий, закупок исходных продуктов и реализации готовых изделий должны быть согласованными.

Глобальная модель согласованной оптимизации многостадийного производства с учетом ресурсных и товарных рынков

Горизонт планирования состоит из T периодов времени $t = 1, \dots, T$ одинаковой продолжительности. Величина периода выбирается такой, чтобы цикл производства единицы продукта на любой стадии был меньше длительности одного периода. В этом случае допустимо считать, что каждый продукт некоторого вида полностью производится на определенной стадии в одном периоде времени. Для изготовления единицы промежуточного или конечного продукта на каждой стадии производства требуются исходные и промежуточные продукты определенных видов в заданном количестве. Предприятие выпускает продукцию N видов $i = 1, \dots, N$, причем каждый из них производится на одной из стадий.

Введем следующие основные переменные. Программа производства задается количеством $x_{it} \geq 0$ продуктов вида i , выпускаемых в периоде t , $t = 1, \dots, T$. Искомая программа $r_{imt} \geq 0$ реализации определяет объем готовых изделий вида i , которые предприятие продает в сегменте рынка m , $m = 1, \dots, M_i$, в интервале t , $t = 1, \dots, T$, M_i – количество сегментов рынка, на которых есть спрос на продукт i . Объемы продаж удовлетворяет условию $r_{imt} = 0$ для $i \notin M_{out}$, где M_{out} – множество видов промежуточных и конечных продуктов, которые продаются фирмой на товарном рынке.

Программа поставок задается величинами $v_{int} \geq 0$ исходных продуктов вида i , покупаемых в сегменте рынка n , $n = 1, \dots, N_i$, в периоде t , $t = 1, \dots, T$, N_i – количество сегментов рынка, на которых есть предложение на продукт i . Часть производимых предприятием промежуточных продуктов может в случае целесообразности приобретаться на рынке. Искомые объемы закупок удовлетворяют условию $v_{int} = 0$ для $i \notin M_{in}$, где M_{in} – множество видов исходных продуктов, которые покупаются фирмой на товарном рынке.

Ограничения на ресурсы труда и оборудования выражаются следующим образом:

$$\sum_{i=1}^N b_{ikt} x_{it} + z_{kt}^- - z_{kt}^+ = R_{kt}, \quad (1)$$

$$z_{kt}^+ \leq Q_{kt}, \quad k = 1, \dots, K, \quad t = 1, \dots, T, \quad (2)$$

где b_{ikt} – норма затрат времени трудового ресурса или оборудования вида k на единицу продукта i в периоде t ; R_{kt} – фонд времени трудовых ресурсов или оборудования типа k в периоде t ; $z_{kt}^- \geq 0$ – время простоев трудовых ресурсов или оборудования типа k в периоде t ; $z_{kt}^+ \geq 0$ – время сверхурочных трудовых ресурсов или дополнительное время работы оборудования типа k в интервале t ; Q_{kt} – максимально допустимое время использования сверхурочных трудовых ресурсов или дополнительное время работы оборудования типа k в интервале t , $k = 1, \dots, K$, $t = 1, \dots, T$.

Обозначим переменной $y_{it} \geq 0$ – остаток продуктов вида i , $i = 1, \dots, N$, в конце периода t , $t = 1, \dots, T$. Пусть $a_{ij} \geq 0$ – количество продуктов i , необходимых для изготовления единицы промежуточного или конечного продукта вида $j > i$ на следующей стадии технологического процесса, $j = 2, \dots, N$, P_i – множество видов j промежуточных и конечных продуктов предприятия, для производства которых непосредственно необходимы продукты i , причем $P_i = \emptyset$ для конечных изделий i , которые в собственном производстве не используются, а производятся для продажи.

Остаток продуктов каждого вида в конце периода равен сумме остатка в конце предыдущего периода, объема выпуска, поступлений от закупок на всех сегментах рынка, уменьшенной на расход продуктов в собственном производстве и на объем реализации, поэтому уравнения баланса продуктов имеют вид:

$$y_{it} = y_{i,t-1} + x_{it} + \sum_{n \in N_i} v_{int} - \sum_{j \in P_i} a_{ij} x_{jt} - \sum_{m=1}^{M_i} r_{imt}, \quad i = 1, \dots, N, \quad t = 1, \dots, T, \quad (3)$$

где $y_{i0} \geq 0$ – заданные остатки продуктов вида i на начало первого интервала.

Общая выручка от продаж продукции на всех сегментах рынка в периоде t , $t = 1, \dots, T$, равна

$$TR_t = \sum_{i \in M_{out}} \sum_{m=1}^{M_i} p_{imt} r_{imt}, \quad (4)$$

где p_{imt} – цена без НДС конечного продукта $i \in M_{out}$, продаваемого в сегменте рынка $m = 1, \dots, M_i$ в периоде t , $t = 1, \dots, T$.

Общие операционные производственные издержки вычисляются как сумма переменных и постоянных и равны $TC_t = VC_t + FC_t$. Переменные затраты складываются из прямых производственных затрат, стоимости покупаемых продуктов, оплаты простоев или дополнительного времени работы трудовых ресурсов, затрат на хранение остатков продуктов. Переменные операционные производственные затраты в периоде t вычисляются по формуле:

$$VC_t = \sum_{i=1}^N c_i x_{it} + \sum_{i \in M_{in}} \sum_{n=1}^{N_i} g_{int} v_{int} + \sum_{k=1}^K (\gamma_k^- z_{kt}^- + \gamma_k^+ z_{kt}^+) + \sum_{i=1}^N h_i y_{it}, \quad (5)$$

где c_i – прямые производственные затраты на единицу продукта i , $i = 1, \dots, N$; g_{int} – цена без НДС продуктов вида i , покупаемых в сегменте рынка n , $n = 1, \dots, N_i$, в периоде t , $t = 1, \dots, T$; γ_k^- и γ_k^+ – оплата единицы времени простоя и, соответственно, доплата за сверхурочную работу трудового ресурса вида k ; h_i – удельные затраты на хранение остатка продуктов вида i , $i = 1, \dots, N$; FC_t – постоянные производственные затраты за период t , $t = 1, \dots, T$.

Для определения величины налогооблагаемой прибыли используются ограничения:

$$\sum_{i \in M_{out}} \sum_{m=1}^{M_i} P_{imt} r_{imt} - \left(\sum_{i=1}^N c_i x_{it} + \sum_{i \in M_{in}} \sum_{n=1}^{N_i} g_{int} v_{int} + \sum_{k=1}^K (\gamma_k^- z_{kt}^- + \gamma_k^+ z_{kt}^+) + \sum_{i=1}^N h_i y_{it} + FC_t \right) \leq Profit_t, \quad t = 1, \dots, T. \quad (6)$$

Левая часть ограничения равна $TR_t - TC_t$ и представляет собой операционную прибыль за период t , $t = 1, \dots, T$. Переменная $Profit_t \geq 0$ в оптимальном решении равна бухгалтерской прибыли к налогообложению.

Объемы производства изделий каждого вида могут быть ограничены снизу и сверху, поэтому

$$\underline{w}_{it} \leq x_{it} \leq \bar{w}_{it}, \quad i = 1, \dots, N, \quad t = 1, \dots, T, \quad (7)$$

где максимальное количество \bar{w}_{it} изделий вида i , производимых в периоде t , обусловлено спросом или предпочтениями лица, принимающего решения, а минимальное \underline{w}_{it} позволяет сохранить некоторую долю присутствия на рынке выпуском изделий не менее чем в определенном объеме.

Альтернативные издержки от использования оборотного капитала учитываются в целевой функции. Дополнительно к этому ресурсная стратегия учитывает необходимость сохранения определенного уровня запасов продуктов, поэтому присутствуют ограничения:

$$\underline{y}_{it} \leq y_{it} \leq \bar{y}_{it}, \quad i = 1, \dots, N, \quad t = 1, \dots, T, \quad (8)$$

где $\underline{y}_{it} \geq 0$, $\bar{y}_{it} \geq 0$ – минимальные и максимальные запасы продуктов вида i в конце периода t , необходимые для функционирования предприятия в последующем периоде $t + 1$, $t = 1, \dots, T$.

Ограничения на объемы закупок продуктов в различных сегментах рынка в зависимости от предложения имеют вид:

$$\underline{q}_{in} \leq v_{int} \leq \bar{q}_{in}, i = 1, \dots, N, n = 1, \dots, N_i, t = 1, \dots, T, \quad (9)$$

где \underline{q}_{in} , \bar{q}_{in} – минимальная и максимальная величина предложения продукта i , $i = 1, \dots, N$, в ценовой группе n , $n = 1, \dots, N_i$.

Объемы реализации продуктов в различных сегментах рынка зависят от спроса, поэтому:

$$\underline{d}_{im} \leq r_{imt} \leq \bar{d}_{im}, i = 1, \dots, N, m, m = 1, \dots, M_i, t = 1, \dots, T, \quad (10)$$

где \underline{d}_{im} , \bar{d}_{im} – минимальная и максимальная величина спроса продукта i , $i = 1, \dots, N$, в ценовой группе m , $m = 1, \dots, M_i$.

Эффект опыта, результаты модернизации основных фондов проявляются в изменении затрат времени труда или оборудования вида k на единицу продукта i в периоде t . Учет этого факта достигается условием, налагаемым на норму b_{ikt} затрат времени ресурса:

$$b_{ikt} = I_{kt}^r b_{ik1}, i = 1, \dots, N, k = 1, \dots, K, t = 2, \dots, T, T \geq 2, \quad (11)$$

где I_{kt}^r – отношение затрат ресурса типа k на производство продукта i в периоде t к аналогичной величине в первом промежутке времени, $t = 2, \dots, T$; b_{ik1} – норма затрат времени трудового ресурса или оборудования вида k на единицу продукта i в первый период времени.

Характеристики циклов жизни продуктов задаются изменением величины минимального и максимального объемов производства изделий во времени:

$$\underline{w}_{it} = I_{it}^{\min} \underline{w}_{i1}, \bar{w}_{it} = I_{it}^{\max} \bar{w}_{i1}, i = 1, \dots, N, t = 2, \dots, T, T \geq 2, \quad (12)$$

где I_{it}^{\min} , I_{it}^{\max} – отношение минимального и максимального объема производства продукта i в периоде t к аналогичной величине в первом, $t = 2, \dots, T$, \underline{w}_{i1} , \bar{w}_{i1} – минимальный и максимальный объем производства продукта i в первый период времени.

Изменение цены спроса товаров в различных сегментах рынка $m = 1, \dots, M_i$ во времени задается индексами:

$$p_{imt} = I_{it}^p p_{im1}, i \in M_{\text{out}}, m, m = 1, \dots, M_i, t = 1, \dots, T, T \geq 2, \quad (13)$$

где I_{it}^p – отношение цены продажи продукта i в периоде t к аналогичной величине в первом, $t = 2, \dots, T$; p_{im1} – цена конечного продукта $i \in M_{\text{out}}$, продаваемого в сегменте рынка $m = 1, \dots, M_i$ в первый период времени.

Изменение цены предложения товаров в различных сегментах рынка $n = 1, \dots, N_i$ во времени задается индексами:

$$g_{int} = I_t^n g_{in1}, i = 1, \dots, N, n = 1, \dots, N_i, t = 1, \dots, T, T \geq 2, \quad (14)$$

где I_{it}^n – отношение цены покупки продукта i в периоде t к аналогичной величине в первом, $t = 2, \dots, T$; g_{in1} – цена продуктов вида $i = 1, \dots, N$, покупаемых в сегменте рынка $n, n = 1, \dots, N_i$, в первый период времени.

В зависимости от проблемной ситуации критерием максимизации является:

F_1 – экономическая прибыль;

F_2 – бухгалтерская прибыль;

F_3 – дисконтированная бухгалтерская прибыль;

F_4 – чистый дисконтированный доход за периоды горизонта оптимизации.

Экономическая прибыль учитывает упущенную выгоду от альтернативного использования оборотных средств. Она позволяет соизмерить эти затраты с положительным эффектом от сокращения простоев и сверхурочных трудовых ресурсов, от уменьшения простоев оборудования, возможных при недостатке промежуточных продуктов некоторых видов в определенные периоды времени, а также с положительным эффектом от реализации в периоды при соответствующем спросе и цене продукции. Экономическая прибыль за T периодов равна разности общей выручки $TR = \sum_{t=1}^T TR_t$ и суммы общих операционных производственных затрат $\sum_{t=1}^T TC_t$,

альтернативных издержек $d\delta \sum_{t=1}^T TC_t$ от использования оборотного капитала и нало-

га на прибыль $Tax \sum_{t=1}^T Profit_t$. Здесь d – доходность наилучшего из альтернативных

проектов за период времени, δ – доля операционных оборотных средств в общих операционных издержках за период с учетом сроков выплат (оборачиваемости).

В этом случае максимизируется величина:

$$F_1 = \sum_{t=1}^T \left[\sum_{i \in M_{out}} \sum_{m=1}^{M_i} p_{imt} r_{imt} - (1 + d\delta) \left(\sum_{i=1}^N c_i x_{it} + \sum_{i \in M_{in}} \sum_{n=1}^{N_i} g_{int} v_{int} + \sum_{k=1}^K (\gamma_k^- z_{kt}^- + \gamma_k^+ z_{kt}^+) + \sum_{i=1}^N h_i y_{it} + FC_t \right) - Tax Profit_t \right], \quad (15)$$

Критерий бухгалтерской (чистой) прибыли за T периодов имеет вид:

$$F_2 = \sum_{t=1}^T \left[\sum_{i \in M_{out}} \sum_{m=1}^{M_i} p_{imt} r_{imt} - \left(\sum_{i=1}^N c_i x_{it} + \sum_{i \in M_{in}} \sum_{n=1}^{N_i} g_{int} v_{int} + \sum_{k=1}^K (\gamma_k^- z_{kt}^- + \gamma_k^+ z_{kt}^+) + \sum_{i=1}^N h_i y_{it} + FC_t \right) - Tax Profit_t \right]. \quad (16)$$

Дисконтированная бухгалтерская (чистая) прибыль за T периодов после налогообложения равна:

$$F_3 = \sum_{t=1}^T \frac{1}{(1+d)^t} \left[\sum_{i \in M_{out}} \sum_{m=1}^{M_i} p_{imt} r_{imt} - \left(\sum_{i=1}^N c_i x_{it} + \sum_{i \in M_{in}} \sum_{n=1}^{N_i} g_{int} v_{int} + \sum_{k=1}^K (\gamma_k^- z_{kt}^- + \gamma_k^+ z_{kt}^+) + \sum_{i=1}^N h_i y_{it} + FC_t \right) - TaxProfit_t \right]. \quad (17)$$

Инвестиционная стратегия характеризуется вложениями в основной и в необходимый операционный оборотный капитал. При величине I_t , $t = 0, \dots, T$, инвестиций в основной капитал в периоде t (момент осуществления затрат связывается с концом отрезка времени) дисконтированная их сумма равна $\sum_{t=0}^T \frac{I_t}{(1+d)^t}$. Величина оборотного капитала в периоде t составляет $WA_t = \delta TC_t$, $t = 1, \dots, T$, причем WA_0 – наличные операционные оборотные средства на момент начала первого периода. В каждом периоде t необходимо инвестировать в оборотный капитал $IW_t = WA_{t+1} - WA_t$, $t = 0, \dots, T-1$. Так же, как для основных фондов, момент осуществления затрат связывается с концом отрезка времени. Дисконтированная сумма инвестиций в оборотный капитал за T периодов приводится к виду:

$$\begin{aligned} \sum_{t=0}^{T-1} \frac{IW_t}{(1+d)^t} &= \sum_{t=0}^{T-1} \frac{WA_{t+1} - WA_t}{(1+d)^t} = -WA_0 + d \sum_{t=1}^{T-1} \frac{WA_t}{(1+d)^t} + \frac{WA_T}{(1+d)^{T-1}} = \\ &= -WA_0 + d \sum_{t=1}^T \frac{WA_t}{(1+d)^t} + \frac{WA_T}{(1+d)^T} = -WA_0 + d\delta \sum_{t=1}^T \frac{TC_t}{(1+d)^t} + \delta \frac{TC_T}{(1+d)^T}. \end{aligned} \quad (18)$$

Чистый дисконтированный доход равен дисконтированной сумме бухгалтерской прибыли после налогообложения и амортизационных начислений, уменьшенной на дисконтированную величину инвестиций в основной и оборотный капитал:

$$\sum_{t=1}^T \frac{TR_t + A_t - TC_t - Tax Profit_t}{(1+d)^t} - \sum_{t=0}^T \frac{I_t}{(1+d)^t} + WA_0 - d\delta \sum_{t=1}^T \frac{TC_t}{(1+d)^t} - \delta \frac{TC_T}{(1+d)^T},$$

где A_t – амортизационные начисления за период t . Подстановка выражений общей выручки и производственных затрат дает критерий максимизации чистого дисконтированного дохода за оптимизируемые периоды:

$$\begin{aligned} F_4 &= \sum_{t=1}^T \frac{1}{(1+d)^t} \left[\sum_{i \in M_{out}} \sum_{m=1}^{M_i} p_{imt} r_{imt} + A_t - (1+d\delta) \left(\sum_{i=1}^N c_i x_{it} + \sum_{i \in M_{in}} \sum_{n=1}^{N_i} g_{int} v_{int} + \sum_{k=1}^K (\gamma_k^- z_{kt}^- + \gamma_k^+ z_{kt}^+) + \sum_{i=1}^N h_i y_{it} + FC_t \right) - TaxProfit_t \right] - \sum_{t=0}^T \frac{I_t}{(1+d)^t} + WA_0 - \\ &- \frac{\delta}{(1+d)^T} \left(\sum_{i=1}^N c_i x_{iT} + \sum_{i \in M_{in}} \sum_{n=1}^{N_i} g_{inT} v_{inT} + \sum_{k=1}^K (\gamma_k^- z_{kT}^- + \gamma_k^+ z_{kT}^+) + \sum_{i=1}^N h_i y_{iT} + FC_T \right). \end{aligned} \quad (19)$$

Переменными модели являются искомые программы x_{it} производства, реализации r_{imt} готовой продукции, $m = 1, \dots, M_i$, поставок v_{int} исходных продуктов, $n = 1, \dots, N_i$, запасов y_{it} промежуточных продуктов, времени простоев z_{kt}^- и дополнительного времени работы z_{kt}^+ трудовых ресурсов или оборудования типа $k = 1, \dots, K$ для видов продукции $i = 1, \dots, N$ и периода времени $t = 1, \dots, T$. Ограничения (1)–(3), (6)–(10) с учетом значений параметров (11)–(14) задают относительно искомым переменным задачу линейного программирования при критериях максимизации (15), (16), (17), (19). В оптимальном ее решении должно быть $z_{kt}^+ = 0$, если $z_{kt}^- \geq 0$ или $z_{kt}^- = 0$, если $z_{kt}^+ \geq 0$, $k = 1, \dots, K$, $t = 1, \dots, T$. Такая задача практически значимой размерности решается симплекс – методом с помощью соответствующего компьютерного обеспечения (6).

Входная информация оптимизационной модели – исходные данные оптимизационной задачи.

N – количество видов продукции, которое выпускает предприятие;

T – число периодов времени в горизонте планирования;

M_i – количество сегментов рынка, на которых есть спрос на продукт i , $i = 1, \dots, N$;

N_i – количество сегментов рынка, на которых есть предложение на продукт i , $i = 1, \dots, N$;

M_{out} – множество видов промежуточных и конечных продуктов, которые продаются фирмой на товарном рынке;

M_{in} – множество видов исходных продуктов, которые покупаются фирмой на товарном рынке.

b_{ik1} – норма затрат времени трудового ресурса или оборудования вида k , $k = 1, \dots, K$, на единицу продукта i , $i = 1, \dots, N$, в первом периоде;

I_{kt}^r – отношение затрат ресурса типа k , $k = 1, \dots, K$, на производство продукта i , $i = 1, \dots, N$, в периоде t к аналогичной величине в первый промежуток времени $k = 1, \dots, K$, $t = 2, \dots, T$;

R_{kt} – фонд времени трудовых ресурсов или оборудования типа k , $k = 1, \dots, K$, в периоде t , $t = 1, \dots, T$;

Q_{kt} – максимально допустимое время сверхурочных трудовых ресурсов или дополнительное время работы оборудования типа k , $k = 1, \dots, K$, в интервале t , $t = 1, \dots, T$;

$a_{ij} \geq 0$ – количество продуктов i , необходимых для изготовления единицы промежуточного или конечного продукта вида j на последующей стадии технологического процесса, $j > i, j = 2, \dots, N$;

P_i – множество видов j промежуточных и конечных продуктов предприятия, для производства которых непосредственно необходимы продукты i ;

p_{imt} – цена без НДС конечного продукта $i \in M_{out}$, продаваемого в сегменте рынка $m = 1, \dots, M_i$ в периоде $t, t = 1, \dots, T$;

c_i – прямые производственные затраты на единицу продукта $i, i = 1, \dots, N$;

g_{int} – цена без НДС продуктов вида $i, i = 1, \dots, N$, покупаемых в сегменте рынка $n, n = 1, \dots, N_i$, в периоде $t, t = 1, \dots, T$;

γ_k^- – оплата единицы времени простоя трудового ресурса вида $k, k = 1, \dots, K$;

γ_k^+ – доплата за сверхурочную работу трудового ресурса вида $k, k = 1, \dots, K$;

h_i – удельные затраты за хранение остатка продуктов вида $i, i = 1, \dots, N$;

FC_t – постоянные производственные затраты в период $t, t = 1, \dots, T$;

\bar{w}_{it} – максимальное количество изделий вида $i, i = 1, \dots, N$, производимых в периоде $t, t = 1, \dots, T$;

\underline{w}_{it} – минимальное количество изделий вида $i, i = 1, \dots, N$, производимых в периоде $t, t = 1, \dots, T$;

\underline{y}_{it} – минимальные запасы продуктов вида $i, i = 1, \dots, N$, в конце периода $t, t = 1, \dots, T$;

\bar{y}_{it} – максимальные запасы продуктов вида $i, i = 1, \dots, N$, в конце периода $t, t = 1, \dots, T$;

\underline{q}_{in} – минимальная величина предложения продукта $i, i = 1, \dots, N$, в ценовой группе $n, n = 1, \dots, N_i$;

\bar{q}_{in} – максимальная величина предложения продукта $i, i = 1, \dots, N$, в ценовой группе $n, n = 1, \dots, N_i$;

\underline{d}_{im} – минимальная величина спроса продукта $i, i = 1, \dots, N$, в ценовой группе $m, m = 1, \dots, M_i$;

\bar{d}_{im} – максимальная величина спроса продукта $i, i = 1, \dots, N$, в ценовой группе $m, m = 1, \dots, M_i$;

\underline{w}_{i1} – минимальный объем производства продукта $i, i = 1, \dots, N$, в первый период времени;

\bar{w}_{i1} – максимальный объем производства продукта $i, i = 1, \dots, N$, в первый период времени;

I_{it}^{\min} – отношение минимального объема производства продукта i , $i = 1, \dots, N$, в периоде t , $t = 2, \dots, T$, $T \geq 2$, к аналогичной величине в первом;

I_{it}^{\max} – отношение максимального объема производства продукта i , $i = 1, \dots, N$, в периоде t , $t = 2, \dots, T$, $T \geq 2$, к аналогичной величине в первом;

p_{im1} – цена конечного продукта $i \in M_{\text{out}}$, продаваемого в сегменте рынка $m = 1, \dots, M_i$ в первый период времени;

I_{it}^p – отношение цены продажи продукта $i \in M_{\text{out}}$ в периоде t , $t = 2, \dots, T$, $T \geq 2$, к аналогичной величине в первом;

g_{in1} – цена продуктов вида $i = 1, \dots, N$, покупаемых в сегменте рынка n , $n = 1, \dots, N_i$, в первый период времени;

I_{it}^n – отношение цены покупки продукта i , $i = 1, \dots, N$, в периоде t , $t = 2, \dots, T$, $T \geq 2$, к аналогичной величине в первом;

Tax – ставка налога на прибыль.

Выходная информация оптимизационной модели – переменные оптимизационной задачи.

x_{it} – программа производства задает количество продуктов вида i , выпускаемых в периоде t , $i = 1, \dots, N$, $t = 1, \dots, T$;

r_{imt} – программа реализации определяет объем готовых изделий вида i , $i = 1, \dots, N$, которые предприятие продает в сегменте рынка m , $m = 1, \dots, M_i$, интервале t , $t = 1, \dots, T$;

v_{int} – программа поставок задает величины исходных продуктов вида i , $i = 1, \dots, N$, покупаемых в сегменте рынка n , $n = 1, \dots, N_i$, в периоде t , $t = 1, \dots, T$;

z_{kt}^- – время простоев трудовых ресурсов или оборудования типа k в периоде t , $k = 1, \dots, K$, $t = 1, \dots, T$;

z_{kt}^+ – время сверхурочных трудовых ресурсов или дополнительное время работы оборудования типа k в интервале t , $k = 1, \dots, K$, $t = 1, \dots, T$;

y_{it} – остаток продуктов вида i в конце периода t , $i = 1, \dots, N$, $t = 1, \dots, T$.

Данная модель позволяет учесть реалии управления производством, обусловленные изменениями внешних и внутренних условий проблемной ситуации. К изменяемым параметрам модели относятся характеристики рынков, циклов жизни продуктов, ресурсов предприятия, опыта, особенности стратегий и методов управления, предпочтения лиц, принимающих решения. Она дает возможность оптимизировать товарно-рыночную, ресурсно-рыночную, технологическую, кадровую, логистическую стратегии, включая возможные комбинации из вышеуказанных элементарных стратегий.

4. СИСТЕМА МОДЕЛЕЙ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО СОГЛАСОВАНИЯ РЕШЕНИЙ РАЗЛИЧНЫМИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ КОМПАНИИ

Разработка как долгосрочного, так и текущего планов ведется одновременно несколькими функциональными службами (например, планово-экономическим отделом (ПЭО), отделом труда и зарплаты (ОТиЗ), финансовым отделом (ФО) и т.д.). Причем, как правило, у каждого отдела разная глубина проработки основных показателей и свои целевые установки, связанные с выработкой решения по разрабатываемому разделу плана (3, 4).

Рассмотрим тот случай, когда разные отделы в процессе разработки своих разделов плана проводят предварительное согласование своих решений, прежде чем передать их дирекции компании.

Наиболее характерным примером такого согласования являются производственный (ПО) и финансовый (ФО) отделы.

Задачей *первого* является разработка производственной программы таким образом, чтобы максимально удовлетворить спрос на изделия компании и при этом максимизировать доход (объем реализации продукции) или максимизировать прибыль. Как правило, это возможно только при увеличении мощностей и других ресурсов. Следовательно, для этого необходимы капитальные вложения, а их величину определяет финансовый отдел.

Задачей *второго* является разработка сбалансированного финансового плана, в том числе и уровня возможных инвестиций в компанию. Одним из наиболее популярных подходов разработки финансового плана является принцип изменения части показателей актива баланса и плана прибыли и убытков (доходов и расходов) пропорционально плановому темпу роста объема реализации, величина которого напрямую зависит от производственной программы, разрабатываемой производственным отделом.

Отсюда очевидно, что существуют прямые и обратные связи между ПО и ФО. Следовательно, надо разработать систему моделей согласования решений отдельных подразделений между собой.

В этом подходе огромную роль играют менеджеры. Они определяют в конкретных условиях формулировку каждой модели, т.е. набор условий и целей, которые надо включить в нее, подготавливают и оценивают надежность исходной информации, анализируют результаты расчетов по моделям и принимают, каждый на своем уровне, решения, оценивают момент согласования решений разных уровней,

т.е. определяют стационарную точку. Следовательно, речь идет о человеко-машинных системах принятия решений.

Модель каждого из этих отделов должна, включая в свое рассмотрение прежде всего те показатели, которые характеризуют сущность функционального назначения отдела.

Сформулируем для каждого отдела его специальную модель, а затем опишем процесс согласования.

Модель производственного отдела

Используем для ПО классическую модель оптимизации производственной программы с учетом экстенсивного расширения ресурсов (Данилин, 2006).

Ограничения.

По спросу:

$$\underline{d}_j \leq x_j \leq d_j \quad (j = 1, 2, \dots, J),$$

где x_j – объем производства изделия j в натуральных единицах измерения; \underline{d}_j – заказ на изделие j ; d_j – спрос на изделие j .

По ресурсам:

$$\sum_{j=1}^J a_{ij} x_j - b_i y_i \leq A_i \quad (i=1, 2, \dots, I),$$

где a_{ij} – норма затрат i -го ресурса на производство единицы изделия j , причем $i = \overline{1, n}$ – номера единиц оборудования, $i = \overline{n+1, k}$ – номера профессий работающих, $i = \overline{k+1, I}$ – номера сырья, материалов и покупных полуфабрикатов; b_i для $i = \overline{1, n}$ – эффективный годовой фонд работы единицы оборудования, для $i = \overline{n+1, k}$ – эффективный годовой фонд одного работающего и для $i = \overline{k+1, I}$ – b_i равна единице; y_i – искомое количество приобретаемых дополнительных ресурсов (соответственно, оборудования, нанимаемых рабочих и материальных ресурсов); A_i – наличие ресурсов в компании на начало планового периода.

На инвестиции:

$$\sum_{i=1}^I p_i y_i \leq INV_1 + CIS_1,$$

где p_i для $i = \overline{1, n}$ – цена единицы оборудования, для $i = \overline{n+1, k}$ – средняя заработная плата одного работающего и для $i = \overline{k+1, I}$ – цена единицы сырья, материалов и покупных полуфабрикатов; INV_1 – величина инвестиций по плану движения де-

нежных средств; CIS_1 – величина дополнительной эмиссии (выкупа) обыкновенных акций.

На объем реализованной продукции:

$$\sum_{j=1}^J p_j x_j \geq TR_0,$$

где p_j – цена изделия j ; TR_0 – объем реализации отчетного года.

На переменные:

$$x_j \geq 0, \quad y_i - \text{целые для } i = \overline{1, k}, \quad u \geq 0 \text{ для } i = \overline{k+1, I}.$$

Критерий: максимум валовой прибыли

$$\sum_{j=1}^J (p_j - AVC_j) x_j \rightarrow \max,$$

где AVC_j – переменные затраты на единицу продукции j равны цене плюс транспортные издержки на покупку и доставку единицы сырья и материалов, поступающих из отдела снабжения в производство (T_{jk}); плюс зарплата рабочих на единицу

изделия: $c_j = \left(\frac{A_i}{b_i} + y_i \right) \frac{p_i}{x_j}$ ($i = \overline{n+1, k}; j = \overline{1, J}$); плюс транспортные расходы на единицу

продукции компании по доставке ее потребителям (T_j), т.е.

$$AVC_j = T_{jk} + c_j + T.$$

Модель финансового отдела

Данная модель построена, исходя из предположения, что часть статей финансового плана растут в том же темпе, что и объем реализации (например, оборотный и внеоборотный капитал, затраты и другие статьи). Исходя из этого предположения, построим агрегированные модели планового баланса, плана прибыли и убытков (план доходов и расходов) и плана движения денежных средств. Эти модели финансового плана могут выглядеть следующим образом:

Модель планового баланса

Уравнение баланса:

$$CA_1 + PFA_1 - CL_1 - LL_1 - OC_1 = 0,$$

где CA_1 – оборотные средства (текущие активы) в плановом году; PFA_1 – чистые основные средства в плановом году; CL_1 – текущий пассив в плановом году; LL_1 –

долгосрочный пассив в плановом году; OC_1 – собственный капитал в плановом году.

Уравнение актива:

$$AB_1 = GR_1 M_0 + GR_1 REC_0 + GR_1 CMS_0 + GR_1 PFA_0,$$

где AB_1 – актив баланса в плановом году; $GR_1 = RV_1/RV_0$ (RV_0 – объем реализации отчетного года); RV_1 – объем реализации планового года; RV_0 – объем реализации отчетного года; GR_1 – темп роста объема реализации в плановом году; M_0 – денежные средства в отчетном году; REC_0 – дебиторская задолженность в отчетном году; CMS_0 – товарно-материальные запасы в отчетном году; PFA_0 – чистые основные средства в отчетном году.

Уравнение оборотных средств:

$$M_1 + REC_1 + CMS_1 = CA_1 – оборотные средства в плановом году.$$

Уравнение чистых основных средств:

$$GR_1 PFA_0 = PFA_1 – чистые основные средства в плановом году.$$

Уравнение текущего пассива:

$$CC_1 = \frac{CA_1}{CCL_1} - GR_1 AP_0 - GR_1 CH_0,$$

где CC_1 – величина текущего кредита в плановом году; CA_1 – величина оборотных средств в плановом году; CCL_1 – коэффициент текущей ликвидности в плановом году; AP_0 – кредиторская задолженность в отчетном году; CH_0 – начисления заплата, налогов и прочее в отчетном году; $CA_1 / CCL_1 = CL_1$ – величина текущего пассива (краткосрочные обязательства) в плановом году.

Уравнение долгосрочного пассива:

$$DD_1 = CD_1 AB_1 - (AP_1 + CC_1 + CH_1) - RDD_1,$$

где CD_1 – коэффициент суммарной задолженности в плановом году; AB_1 – актив баланса в плановом году; RDD_1 – величина погашения долгосрочного долга в плановом году; DD_1 – долгосрочный пассив в плановом году; $CD_1 AB_1 = D_1$ – суммарная задолженность в плановом году; $(AP_1 + CC_1 + CH_1) = CL_1$ – величина текущего пассива в плановом году.

Уравнение собственного капитала:

$$AB_1 - CL_1 - DD_1 = \left[CS_0 + NP \frac{OC_1 - OC_0}{AP_1} \right] + \left[PC_0 + (AP_1 - NP) \frac{OC_1 - OC_0}{AP_1} \right] + (RE_0 + RE_1),$$

где AB_1 – актив баланса в плановом году; DD_1 – долгосрочный долг в плановом году; CS_0 – величина обыкновенных акций по номиналу в отчетном году; NP – номиналь-

ная цена акции; AP_1 – прогнозная цена обыкновенной акции в плановом году; PC_0 – оплаченный капитал в отчетном году; BRE_0 – балансовая нераспределенная прибыль в отчетном году; $AB_1 - CL_1 - DD_1 = OC_1$ – величина собственного капитала в плановом году; $(OC_1 - OC_0) = CIS_1$ – стоимость дополнительной эмиссии обыкновенных акций в плановом году; $[CS_0 + NP (OC_1 - OC_0)/AP_1] = CS_1$ – величина обыкновенных акций по номиналу в плановом году; $[PC_0 + (AP_1 - NP) (OC_1 - OC_0)/AP_1] = PC_1$ – оплаченный капитал в плановом году; $(BRE_0 + RE_1) = BRE_1$ – балансовая нераспределенная прибыль в плановом году.

Модель плана прибылей и убытков (доходов и расходов)

Уравнение валовой (маржинальной) прибыли:

$$MP_1 = GR_1 RV_0 - GR_1 VC_0,$$

где MP_1 – валовая (маржинальная) прибыль в плановом году; RV_0 – объем реализации отчетного года; GR_1 – темп роста объема реализации; VC_0 – переменные затраты в отчетном году;

Уравнение операционной прибыли:

$$EBIT_1 = GR_1 RV_0 - GR_1 VC_0 - GR_1 FC_0 - \frac{PFA_1 - PFA_0}{1 - NDEP_1} NDEP_1,$$

где $EBIT_1$ – операционная прибыль (прибыль до уплаты процентов и налога) в плановом году; RV_0 – объем реализации отчетного года; GR_1 – темп роста объема реализации в плановом году; VC_0 – переменные затраты в отчетном году; FC_0 – постоянные затраты (кроме амортизации) в отчетном году; PFA_1 – чистые основные средства в плановом году; $NDEP_1$ – норма амортизационных отчислений в плановом году.

Уравнение чистой прибыли:

$$NP_1 = (1 - TAX) [EBIT_1 - (PRC_1 CC_1 + PRD_1 DD_1)],$$

где NP_1 – чистая прибыль в плановом году; TAX – налог на прибыль; PRC_1 – ставка процента по текущему кредиту в плановом году; CC_1 – величина текущего кредита в плановом году; PRD_1 – ставка процента по долгосрочному долгу в плановом году; DD_1 – величина долгосрочного долга в плановом году.

Уравнение нераспределенной прибыли:

$$RE_1 = NP_1 NDIV_1,$$

где RE_1 – нераспределенная прибыль в плановом году; $NDIV_1$ – норма дивидендного выхода в плановом году.

Модель плана движения денежных средств

Движение денежных средств от основной деятельности:

$$CFP_1 = NP_1 + DEP_1 + (M_1 - M_0) + (AP_1 - AP_0) + \\ + (CH_1 - CH_0) + (REC_1 - REC_0) + (CMS_1 - CMS_0),$$

где CFP_1 – денежный поток от производственной деятельности в плановом году; NP_1 – чистая прибыль в плановом году; DEP_1 – амортизационные отчисления в плановом году; M_1 – денежные средства в плановом году; M_0 – денежные средства в отчетном году; AP_1 – кредиторская задолженность в плановом году; AP_0 – кредиторская задолженность в отчетном году; CH_1 – начисления заплаты, налогов и прочее в плановом году; CH_0 – начисления заплаты, налогов и прочее в отчетном году; REC_1 – дебиторская задолженность в плановом году; REC_0 – дебиторская задолженность в отчетном году; CMS_1 – товарно-материальные запасы в плановом году; CMS_0 – товарно-материальные запасы в отчетном году.

Движение денежных средств от инвестиционной деятельности:

$$INV_1 = -\frac{PFA_1 - PFA_0}{1 - NDEP_1},$$

где INV_1 – инвестиции в плановом году; PFA_1 – чистые основные средства в плановом году; $NDEP_1$ – норма амортизационных отчислений в плановом году.

Движение денежных средств от финансовой деятельности:

$$CIS_1 = CFP_1 + INV_1 + (CC_1 - CC_0) + (DD_1 - DD_0) - DIV_1, \\ CFF_1 = (CC_1 - CC_0) + (DD_1 - DD_0) + CIS_1 - DIV_1,$$

где CIS_1 – стоимость дополнительной эмиссии (выкупа) обыкновенных акций в плановом году; CFP_1 – денежный поток от производственной деятельности в плановом году; INV_1 – инвестиции в плановом году; CC_1 – величина текущего кредита в плановом году; DD_1 – долгосрочный пассив в плановом году; CS_1 – величина обыкновенных акций по номиналу в плановом году; PC_1 – оплаченный капитал в плановом году; DIV_1 – дивиденды, выплаченные в плановом году; CFF_1 – денежный поток от финансовой деятельности в плановом году.

Баланс притока и оттока денег:

$$CFP_1 + INV_1 + CFF_1 = 0.$$

Модель отдела сбыта

Отдел сбыта решает задачу поставки продукции компании (наряду с другими задачами, например, прогноз спроса на продукцию) на сегменты рынка таким образом, чтобы минимизировать транспортные расходы. Для этого отделу нужно

знать виды и количество продукции, которую может в планируемом периоде произвести компания, т.е. знать производственную программу, разрабатываемую производственным отделом. Из этих условий и формируется модель сбыта.

Ограничения.

На объем продаж изделий:

$$\sum_{m=1}^M x_{jm} = \bar{x}_j, \quad j = 1, 2, \dots, J,$$

где x_{jm} – объем готовых изделий вида j , которые предприятие продает в сегменте рынка m , $m = 1, \dots, M_j$; M_j – количество сегментов рынка, на которых есть спрос на продукт j ; \bar{x}_j – количество изделий j , вошедших в производственную программу производственного отдела.

На спрос по сегментам рынков:

$$\sum_{j=1}^{J_m} x_{jm} \leq d_{jm}, \quad m = 1, 2, \dots, M_j,$$

где d_{jm} – спрос на изделие j на m -м сегменте рынка.

Критерий: *минимум транспортных расходов*

$$\sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^{M_j} t_{jm} x_{jm} \rightarrow \min,$$

где t_{jm} – транспортные расходы на перевозку единицы изделия j в m -й сегмент рынка.

Расчет транспортных расходов на перевозку единицы изделия j во все сегменты рынка, который передается в производственный отдел, чтобы на эту величину уменьшить валовую прибыль единицы продукции

$$\sum_{m=1}^{M_j} t_{jm} x_{jm} = T_j \quad (j = 1, 2, \dots, J).$$

Модель отдела снабжения

Отдел снабжения должен приобрести у поставщиков сырье и материалы в необходимом количестве для выполнения производственной программы, а также дополнительное оборудование, в случае необходимости минимизируя цену покупки и транспортные расходы по их доставке в компанию. Для этого снова нужна производственная программа производственного отдела.

Ограничения.

На возможности поставщиков:

$$\sum_{j=1}^J x_{i_k,j} \leq S_{i_k} \quad (i = 1, 2, \dots, I_k, \quad k = 1, \dots, K),$$

где $x_{i_k,j}$ – объем поставки k -го материала i -м поставщиком на программу изделия j ;
 S_{i_k} – мощность i -го поставщика по поставке k -го материала.

На объем обязательных поставок:

$$\sum_{i=1}^{I_k} x_{i_k,j} = a_{kj} \bar{x}_j \quad (k = 1, 2, \dots, K, \quad j = 1, \dots, J),$$

где a_{kj} – норма затрат k -го материала на производство единицы изделия j ; \bar{x}_j – производственная программа изделия j , полученная из производственного отдела.

Критерий: минимизация затрат на покупку и транспортировку материалов

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{I_k} \sum_{j=1}^J t_{i_k,j} x_{i_k,j} \rightarrow \min,$$

где $t_{i_k,j}$ – затраты на покупку и транспортировку единицы k -го материала от i -го поставщика.

Отдел снабжения рассчитывает переменные затраты, связанные с ценой покупки и транспортировки, на единицу изделия и передает эти данные в производственный отдел для расчета валовой прибыли единицы изделия.

$$\sum_{i=1}^{I_k} t_{i_k,j} x_{i_k,j} = T_{j_k} \quad (k = 1, 2, \dots, K, \quad j = 1, \dots, J).$$

5. СХЕМА СОГЛАСОВАНИЯ ПЛАНОВЫХ РЕШЕНИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО И ФИНАНСОВОГО ОТДЕЛОВ

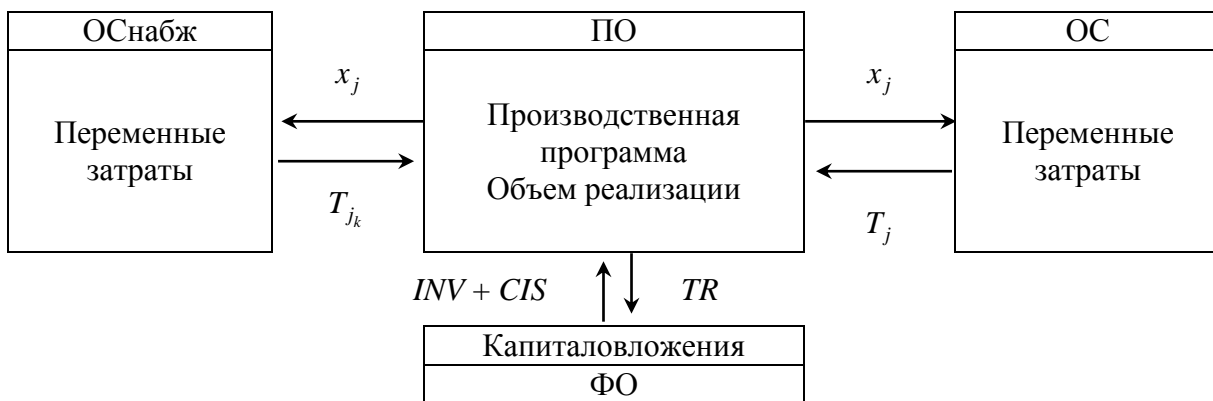
Для производственного отдела при разработке производственной программы необходимо знать *уровень инвестиций* для приобретения дополнительных ресурсов, являющихся «узкими местами». Эту информацию готовит *финансовый отдел* в ходе разработки сводного финансового плана.

В свою очередь финансовый отдел должен знать *объем реализации продукции* для формирования финансового плана, который можно рассчитать, если известна *плановая производственная программа*. А это определяется в *производственном отделе*.

С другой стороны, эта программа необходима отделу сбыта и отделу снабжения, чтобы прикрепить поставщиков и потребителей к компании и рассчитать переменные затраты, связанные с их деятельностью, которые необходимы производственному отделу для определения валовой прибыли единицы изделия. Сильное влияние этих расходов на валовую прибыль может изменить структуру производственной программы.

Следовательно, без согласования плановых решений между отделами рационального бизнес-плана компании разработать невозможно.

Прямые и обратные связи между отделами:



1 этап разработки плана.

На этом этапе *производственный отдел* может рассчитать производственную программу таким образом, чтобы удовлетворить спрос и заказы. Это позволит компании оценить потенциальные возможности в получении максимальной величины дохода и прибыли.

В этом случае решается модель производственного отдела *без ограничения на инвестиции*.

Финансовый отдел на этом этапе, как правило, самостоятельно рассчитывает приращение объема реализации в отчетном году, который ему нужен для расчета финансового плана. Этот расчет основывается на отчетных данных в предположении, что структурные соотношения основных показателей сохранятся и в плановом периоде.

Приведем в качестве примера одну из *моделей устойчивого роста*.

$$\text{Прирост объема реализации (дохода)} = \frac{ROE_0(1-b_0)}{1-ROE_0(1-b_0)},$$

где ROE_0 – норма доходности собственного капитала; b_0 – норма дивидендного выхода.

Далее рассчитывается темп роста объема реализации и по моделям финансового плана – возможные инвестиции в дополнительные ресурсы. Эта величина передается в производственный отдел, который пересчитывает производственную программу теперь уже с учетом ограничения на инвестиции. Объем реализации продукции, соответствующий производственной программе, отдается в финансовый отдел и тот заново пересчитывает финансовый план и получает новую величину инвестиций.

Одновременно *производственная программа* из производственного отдела передается *в отдел сбыта и в отдел снабжения*, которые на ее основе осуществляют прикрепление потребителей продукции и поставщиков сырья и материалов. После этого в производственный отдел поступают *переменные затраты* в виде транспортных расходов и расходов на приобретение сырья и материалов, которые им используются для уточнения *величины валовой продукции* на единицу изделия, что в следующем пересчете производственной программы может *повлиять на ее структуру*.

Такой итерационный процесс продолжается до тех пор, пока в ограничении по инвестициям в модели производственного отдела *потребность не сравняется с заданием*, или они будут приблизительно равны. Это будут окончательные планы производственного, финансового отделов, отделов снабжения и сбыта.

Рассмотрим пример такого согласования на основе расчетов по соответствующим моделям отделов, изложенных выше.

Расчеты проводились на условно-реальных данных компании по моделям, приведенным выше. Анализировать будем итоговые показатели по отделам.

Первая итерация.

Производственный отдел		
Оборудование, шт.	Токарная	6
	Расточная	5
	Фрезерная	5
Профессии, чел.	Шлифовальные	2
	Строгальные	2
	Сверлильные	4
Материалы	Прокат, т	38 777
Программа (изделия)		
40	70	35
Объем реализации		390 615
Валовая прибыль		181 040
Валовая прибыль единицы изделия		
2699	263	1562
Капвложения	ПрозПрограм	162 377
	ФинПлан	

Отдел снабжения		
Переменные затраты		
2187	2187	2187
Прокат		38 777
Затраты		241 295
Отдел сбыта		
Транспортные затраты единицы		
22,13	17,81	21,94
Сумма затрат		2900
Финансовый отдел		
Темп роста ОР		1,11
Актив		200 387
Инвестиции		9593
Эмиссия акций		74 578
Капвложения		84 171

Производственный отдел: программа полностью удовлетворяет спрос на изделия компании, для этого необходимо дополнительно приобрести оборудования (соответственно, 6, 5 и 5 единиц), нанять рабочих (соответственно, 2, 2 и 4 человека) и купить дополнительно 38 777 тонн проката. Это возможно, если компания для этих целей выделит капиталовложений на 162 377 тыс. руб.

Финансовый отдел: по модели устойчивого роста рассчитал темп роста объема реализации в размере 1,11, что позволит выделить на капиталовложения 84 171 тыс. руб. (это на 93% меньше, чем необходимо производственному отделу).

Вторая итерация: Производственный отдел пересчитывает программу с учетом выделенных ему финансовым отделом капиталовложений (84 171) и передает полученную величину объема реализации в финансовый отдел. В следующих итерациях повторяется эта процедура.

Производственный отдел		
Оборудование, шт.	Токарная	3
	Расточная	4
	Фрезерная	4
Профессии, чел.	Шлифовальные	1
	Строгальные	1
	Сверлильные	3
Материалы	Прокат, т	36336
Программа, изделия		
40	70	23
Объем реализации		351 411
Валовая прибыль		132 325
Валовая прибыль единицы изделия		
3187	38	95
Капвложения	ПрозПрограм	95 305
	ФинПлан	99 345

Отдел снабжения		
Переменные затраты		
2177	679	3039
Прокат		32 933
Затраты		204 478
Отдел сбыта		
Транспортные затраты единицы		
17,18	19,61	24,00
Сумма затрат		2612
Финансовый отдел		
Темп роста ОР		1,34
Актив		242 474
Инвестиции		29 925
Эмиссия акций		69 420
Капвложения		99 345

Производственный отдел. Структура программы изменилась в связи сокращением капиталовложений, которые может выделить финансовый отдел (95 305 против необходимых производственному отделу 162 377 тыс. руб.). Полностью удовлетворяется спрос только по двум первым изделиям, а вот третье компания может произвести только в размере 23 единиц против 35 единиц спроса.

Однако объем реализации значительно больше, чем планировал финансовый отдел и поэтому темп роста объема реализации 1,32 против 1,11. Поэтому нераспределенная прибыль, активы баланса и капвложения выросли, последние равны 99 345 против 95 304, которые использовал производственный отдел при пересчете производственной программы.

Следовательно, следует снова пересчитать все показатели.

Третья итерация.

Производственный отдел		
Оборудование, шт.	Токарная	2
	Расточная	4
	Фрезерная	4
Профессии, чел.	Шлифовальные	1
	Строгальные	1
	Сверлильные	3
Материалы	Прокат, т	35 032
Программа, изделия		
40	70	26
Объем реализации		361 212
Валовая прибыль		133 662
Валовая прибыль единицы изделия		
3216	51	70
Капвложения	ПрозПрограм	99 201
	ФинПлан	107 351

Отдел снабжения		
Переменные затраты		
2 180	680	3 035
Прокат		34 394
Затраты		213 682,2
Отдел сбыта		
Транспортные затраты единицы		
18,25	19,00	24,00
Сумма затрат		2612
Финансовый отдел		
Темп роста ОР		1,38
Актив		249 236
Инвестиции		33 192
Эмиссия акций		74 159
Капвложения		107 351

Производственный отдел. Рост инвестиций привел к улучшению программы (третье изделие выросло с 23 единиц до 26). Объем реализации и темп ее роста увеличились (соответственно, 361 212 и 1,38).

Финансовый отдел. Активы увеличились и соответственно выросли капиталовложения (107 351 против 99 345 предыдущей итерации).

Пятая итерация.

Производственный отдел		
Оборудование, шт.	Токарная	3
	Расточная	4
	Фрезерная	4
Профессии, чел.	Шлифовальные	1
	Строгальные	1
	Сверлильные	3
Материалы	Прокат, т	36 336
Программа (изделия)		
40	70	29
Объем реализации		371 013
Валовая прибыль		134 542
Валовая прибыль единицы изделия		
3214	49	88
Капвложения	ПрозПрограм	113 484
	ФинПлан	115 356

Отдел снабжения		
Переменные затраты		
2182	681	3032
Прокат		35 855
Затраты		222 887
Отдел сбыта		
Транспортные затраты единицы		
17,93	19,57	23,07
Сумма затрат		2756
Финансовый отдел		
Темп роста ОР		1,42
Актив		255 999
Инвестиции		36 459
Эмиссия акций		78 897
Капвложения		115 356

Это окончательный согласованный по отделам план компании.

На этой итерации процесс закончен, так как при данной программе финансовый отдел выделяет производственному отделу необходимую сумму капвложений для реализации данной программы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрены две системы моделей согласования решений: глобальная модель с одним критерием оптимизации, отражающим цель деятельности предприятия в целом и система моделей согласования решений на горизонтальном уровне, где модель каждого подразделения управления имеет свои целевые функции.

Каждая из этих систем моделей имеет право на существование. В первом случае руководство компании стремится централизовать принятие решений на уровне руководства предприятия, а во втором случае полномочия принятия решений передаются функциональным отделам.

Возможна и третья схема принятия решений: иерархическое согласование, т.е. функциональные отделы принимают решения на своем уровне и по своим критериям, затем эти решения в том или ином виде передают в центральный аппарат, а там на основе агрегированной модели с позиции компании в целом принимается решение, результаты его передаются в отделы как ограничивающие условия, и те снова пересчитывают по своим моделям планы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Багриновский К.А.* Основы согласования плановых решений. М.: Наука, 1977.
- Внутрифирменное планирование: проблемы совершенствования / под ред. В.В. Титова, В.Д. Марковой. Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2000.
- Данилин В.И.* Финансовое и операционное планирование в корпорации. Методы и модели. М: Дело, 2014.
- Данилин В.И.* Система моделей согласования решений между подразделениями и компанией в лице дирекции // Экономика и математические методы. 2015. Т. 51. № 4. С. 37–58.
- Итеративное агрегирование и его применение в планировании / под ред. Л.М. Дудкина. М.: Экономика, 1979.
- Плещинский А.С.* Оптимизация межфирменных взаимодействий и внутрифирменных управленческих решений. М.: Наука, 2004.

Препринт # WP/2017/324

В.И. Данилин, Д.А. Жданов,
А.С. Плещинский

**СИСТЕМЫ МОДЕЛЕЙ
СОГЛАСОВАННОЙ ОПТИМИЗАЦИИ
МНОГОСТАДИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА
С УЧЕТОМ РЕСУРСНЫХ
И ТОВАРНЫХ РЫНКОВ**

Подписано в печать 26.12.2017 г.

Формат 60×90/16. Печ. л. 2,9. Тираж 60 экз. Заказ № 29.

ФГБУН Центральный экономико-математический институт РАН

117418, Москва, Нахимовский пр., 47

Тел. 8 (499) 724-21-39

E-mail: ecr@cemi.rssi.ru

<http://www.cemi.rssi.ru/>

ISBN 978-5-8211-0752-7



9 785821 107527