

DOI: 10.18721/JE.10516
УДК 658.5

ПЛАНИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ РИСКА И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ВО ВНЕШНЕЙ И ВНУТРЕННЕЙ СРЕДЕ

В.В. Титов,¹ Д.А. Безмельницын,² С.К. Напреева³

¹ Институт экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, Российская Федерация

² Научно-производственное объединение «ЭЛСИБ» публичное акционерное общество, г. Новосибирск, Российская Федерация

³ Научно-производственное предприятие геофизической аппаратуры «Луч», г. Новосибирск, Российская Федерация

Оптимизация планирования деятельности предприятия с учетом риска и неопределенности внешней и внутренней среды представляется сложной научно-методологической проблемой. Ее решение важно для практики планирования. Поэтому актуальность данной темы исследования не вызывает сомнений. Цель исследования – планирование управления на предприятии от разработки новой продукции до ее реализации в условиях риска и неопределенности во внешней и внутренней среде. Планирование основано на использовании многоуровневой системы моделей. На верхнем уровне достижение ключевых стратегических показателей обеспечивается разработкой и внедрением нововведений, в основном связанных с планированием выпуска новой высокотехнологичной продукции. Однако именно на этом уровне возникает в наибольшей степени влияние рисков и неопределенности на процессы планирования разработки, производства и реализации новой продукции. В научной литературе предлагается использовать для этой цели стохастические графы с возвратами. Однако реализация такой идеи требует дополнительных методологических и методических разработок, проведения количественных расчетов. Согласование стратегических решений с тактическими планами основано на идее устранения экономических и других рисков, связанных с хозяйственной деятельностью предприятия в тактическом планировании за счет создания стохастических резервов на основе реализации дополнительных нововведений, обеспечивающих получение сверхплановых объемов продаж, прибыли и других показателей стратегического плана. Организация оперативного управления сложным производством представляется итеративным, скользящим процессом (уменьшающим риски в производстве), реализуемым с учетом ограничений тактического управления. Планирование в подобных производствах обычно организуется на базе сетевого планирования, определения критического пути. Однако при этом не решается основная проблема – не учитываются ограничения по использованию ресурсов. Когда такие ограничения ставятся, возникает задача, для которой еще не разработан эффективный алгоритм решения. Предлагается решать такую задачу с помощью моделей сетевого и оперативно-календарного планирования, их системного объединения. Важно и то, что приближенно решается проблема задания длительностей работ (операций) не в целых числах.

Ключевые слова: согласование стратегического; тактического; оперативного управления; условия риска и неопределенности; оптимизация

Ссылка при цитировании: Титов В.В., Безмельницын Д.А., Напреева С.К. Планирование функционирования предприятия в условиях риска и неопределенности во внешней и внутренней среде // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2017. Т. 10, № 5. С. 172–183. DOI: 10.18721/JE.10516

PLANNING THE ACTIVITIES OF AN ENTERPRISE IN THE CONDITIONS OF RISK AND UNCERTAINTY IN THE EXTERNAL AND INTERNAL ENVIRONMENT

V.V. Titov,¹ D.A. Bezmelnitsyn,² S.K. Napreeva³

- ¹ Institute of Economics and Industrial Engineering, Novosibirsk, Russian Federation
² Research and Production Association ELSIB PAO, Novosibirsk, Russian Federation
³ LLC Scientific-Production Enterprise of Geophysical Apparatus «Luch», Novosibirsk, Russian Federation

Optimized planning of an enterprise's activity taking into account the risk and uncertainty of external and internal environment is a difficult methodological problem. Solving it is important for practical planning. Therefore, there is no doubt in the significance of the research subject. The purpose of the study is describing the entire process of enterprise management from new product development to its implementation in the conditions of risk and uncertainty in the external and internal environment. Planning is based on using a multilevel system of models. On the upper level, the key strategic indicators are achieved through developing and implementing innovations, mostly related to planning the manufacturing of new high-tech products. However, the effect of risks and uncertainty on the processes of development, production and sales of new products is the greatest at this level. The literature suggests to use stochastic graphs with returns for this purpose. This idea is also supported in this study. However, implementing this idea requires further methodological development and quantitative calculations. Coordinating strategic decisions and tactical plans is based on eliminating economic and other risks associated with the economic activities of the enterprise in tactical planning by generating stochastic reserves through implementing additional innovations, providing extra sales, profits and other indicators of the strategic plan. The organization of operational management of complex production is represented by an iterative, sliding process (reducing risks in production), which is realized taking into account the limitations of tactical control. Planning in similar industries is usually organized based on network planning, determining the critical path. However, the main problem is not solved, i.e., the limitations on using resources are not taken into account. An effective algorithm has not been developed to date for solving the problem arising in case such limitations are imposed. In this paper, we propose to solve such a problem with the help of models of network and operational-calendar planning, their system integration. It is also important that the problem of specifying work durations (operations) is not solved in integers.

Keywords: harmonization of strategic; tactical and operational management; conditions of risk and uncertainty; optimization

Citation: V.V. Titov, D.A. Bezmelnitsyn, S.K. Napreeva, Planning the activities of an enterprise in the conditions of risk and uncertainty in the external and internal environment, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 10 (5) (2017) 172–183. DOI: 10.18721/JE.10516

Введение. В условиях динамизма внешней среды в российской и мировой экономике, внутренней среды в корпорациях трудности управления промышленными предприятиями значительно возрастают. Это происходит из-за отсутствия достаточно обоснованных методов управления рисками на предприятиях [1–6]. В данном исследовании концептуально представлен подход к планированию ус-

тойчивого функционирования предприятия на основе использования комплекса моделей внутрифирменного управления из трех уровней стратегического, тактического и оперативного планирования. При этом риск и неопределенность во внешней и внутренней среде учитываются как основные условия, существенно влияющие на процесс принятия решений.

Стратегический подход к управлению предполагает формирование видения миссии предприятия, его конкурентоспособности на долгосрочную перспективу. Ставятся долгосрочные стратегические цели по главным направлениям работы предприятия с учетом анализа его внешней и внутренней среды. Создаются механизмы оценки альтернативных стратегических решений, их выбора. Такая проблема эффективно решается с помощью модели оптимизации, предназначенной для планирования деятельности предприятия [7].

Эффективное развитие предприятия невозможно без реализации инноваций, при этом процесс планирования его деятельности достаточно сложен [8–12]. Именно внутрифирменное планирование играет важнейшую роль в инновационном развитии реального сектора экономики. Источником роста прибыли может быть новая высокотехнологичная продукция, без коммерциализации инновация становится бесполезной разработкой. Таким образом, стратегическому планированию инновационного процесса отводится основная роль. Однако такое планирование требует использования современных, проверенных и надежных методов и подходов.

Методика и результаты исследования.

Методы и подходы к решению проблемы в рамках стратегического управления. Коротко представим сетевое планирование, которое является основой для планирования инновационного процесса.

Сетевое планирование разработки новой продукции позволяет представить полный перечень и длительность работ проекта, порядок их следования, определить длительность всего проекта и критические работы проекта, найти резервы времени по каждой работе. Его применяют при планировании разработки нового изделия, определенного комплекса работ, логистики или реконструкции объектов.

Методика сетевого планирования разработана М. Уолкером из фирмы «Дюпон» и Д. Келли из фирмы «Ремингтон Рэнд» в 1956 г. Результатом стало создание метода Уолкера–Келли, метода критического пути, или СРМ (CriticalPathMethod). В России сетевым пла-

нированием на основе графов с возвратами также активно занимались [8–10 и др.].

Сетевое планирование служит основой разработки вариантов стратегического и тактического планов развития предприятия. Эти планы служат базой управления инновационными работами.

Оценка эффективности инновационного процесса определяется на основе моделирования, где учитываются длительность процесса, затраты.

Итак, на первом этапе разработки нового продукта производится построение стратегических планов. На этом уровне перспективного планирования определяются состав, сроки и стоимость выполнения работ, используется сетевое моделирование, которое дает возможность определить сроки выполнения работ, вероятность успешности разработки, стоимость работ в целом и каждого узла в частности для нового изделия. Такая информация позволяет учесть новую продукцию при перспективном планировании производственной программы, дать системную оценку эффективности нового изделия с точки зрения функционирования всего предприятия [7, 13].

При планировании разработки нового изделия, его производства и реализации в условиях риска и неопределенности необходимо обосновать максимальные параметры затрат на разработку, сроки возможного начала производства изделия, себестоимость его производства и реализации. Таким образом, с вероятностью, близкой к единице, необходимо рассчитать длительность разработки нового изделия, себестоимость его производства и реализации. Такая задача может быть решена с помощью построения стохастических графов с возвратами. Кроме того, с вероятностью, близкой к единице, необходимо дать оценку минимального спроса на новую продукцию по планируемому годам. Именно при минимальном спросе на продукцию производство должно быть рентабельным, а сам проект освоения новой продукции должен иметь положительную оценку чистого дисконтированного дохода. Если сроки разработки новой продукции, ее себестоимость будут меньше рассчитанных, а спрос превысит ожидаемое значение, то это только улучшит показатели деятельности предпри-

ятия. Так как в работе рассматривается ситуация разработки и производства новой продукции для действующего предприятия, следует ставить комплексную задачу стратегического перспективного оптимизационного планирования функционирования предприятия в условиях риска и неопределенности в целом. В этом случае оценка инновационно-инвестиционного проекта будет наиболее обоснованной [7, 13].

В целом представленная идея использует уже известные элементы управления на предприятии (стохастические графы с возвратами, оптимизационные модели планирования и др.), но в исследовании они объединены в единый системный методический подход, позволяющий количественно решить сложнейшую задачу планирования реализации инновационного процесса на промышленном предприятии (на примере разработки и реализации нового изделия предприятия ООО «Научно-производственное предприятие геофизической аппаратуры «Луч» (НПП ГА «Луч»).

Как уже отмечалось, при разработке новой продукции следует учитывать степень неопределенности. Такие процессы учитываются в сетевых моделях [8–10 и др.]. При разработке сложных изделий, где степень неопределенности большая, используются имитационные модели, основанные на альтернативных стохастических графах. Такие модели отличаются от сетевых тем, что они могут учитывать степень неопределенности и случайные влияния на параметры разработок [8–10 и др.]. Мы не будем приводить математическое обоснование этого процесса. Этапы построения моделей отражают этапы создания и производства новой продукции, особенно те этапы, на которых существуют различные варианты в решениях конструкторов и технологов.

Стохастический альтернативный граф завершен, когда определены параметры его дуг, связанных с продолжительностью работ, стоимостью выполнения операций, с потребностью в ресурсах, с оценками вероятностей исходов работ. Применяются экспертные оценки, методы, основанные на данных статистики о подобных работах, достаточно близких прототипах.

Результатом построения стохастических графов являются вероятностные характери-

стики (математические ожидания, дисперсии времени наступления событий, эмпирические функции распределения искомых параметров, времени выполнения проекта). На основе данных предприятия НПП ГА «Луч» сформирован стохастический граф с возвратами процесса разработки и производства нового изделия [13].

Далее определяется возможный объем продаж при вероятности благополучного исхода, близкой к единице. Необходимо также определить зависимость объема продаж от вероятности исхода и на основе этих данных вывести коэффициент освоения мощностей.

Сначала определялись такие базовые характеристики сетевого графа, как время, стоимость и вероятность благополучного исхода разработки каждой детали. Эти показатели рассчитывались на основе метода формирования обобщенной оценки мнений экспертов и опыта разработки и производства похожих узлов и деталей. В расчетах времени и стоимости разработки и производства деталей и узлов инновационного прибора использовались данные о производстве аналогичных или схожих деталей. Если деталь разрабатывается полностью впервые, то эти показатели определяются на основе экспертных оценок. Следующий шаг — определение общих параметров сетевого графа (зависимость стоимости и времени разработки от вероятности благополучного исхода). Общая вероятность благополучного исхода определяется по формуле Байеса, время изготовления и выпуска изделия — на основе теории массового обслуживания. На основе этого находят вероятность и время выполнения проекта, что позволяет вычислить предполагаемую дату его завершения и стоимость (табл. 1).

Следующим этапом построения математической модели является определение объема продаж и производства товара.

Исходя из результатов моделирования процесса разработки и производства нового товара, следует, что с вероятностью 89,8% предприятие произведет этот товар. Для определения предполагаемого объема выпуска прибора сделан прогноз объема продаж с использованием программы Foresail и на основе эконометрических методов. Для построения прогноза выбрана эконометрическая модель Хольта–Винтерса [14].

Таблица 1

Основные параметры разработки нового изделия [13]

The main parameters for developing a new product [13]

Общая вероятность неудачного исхода, %	Вероятность возврата (брака), %	Время реализации проекта, ч	Стоимость реализации проекта, руб.	Сроки реализации проекта	
				начало	окончание
10,2	89,8	1699	4721231	10.09.2009	01.09.2010
32,1	67,9	1583	4601231	10.09.2009	16.08.2010
54,1	45,9	1517	4589211	10.09.2009	07.08.2010
61,0	39,0	1466	4365252	10.09.2009	30.07.2010
62,1	37,9	1435	4561232	10.09.2009	26.07.2010
76,9	23,1	1199	3271433	10.09.2009	24.06.2010
77,3	22,7	1197	3252916	10.09.2009	23.06.2010
78,0	22,0	1190	3249342	10.09.2009	22.06.2010
80,2	19,8	1169	3193429	10.09.2009	01.06.2010
88,2	11,8	998	2789045	10.09.2009	24.04.2010
1	0	978	2630561	10.09.2009	09.04.2010

Таким образом, использование стохастических графов с возвратами, теории массового обслуживания и эконометрической модели Хольта–Винтерса на начальном этапе планирования инновационного процесса можно определить стоимость и сроки разработки, возможный объем продаж. Далее требуется определить возможности предприятия по разработке и производству нового товара. При этом ставится условие повышения эффективности работы предприятия, его конкурентоспособности.

При формировании задачи оптимизационного планирования деятельности предприятия с учетом НИОКР использована модель планирования функционирования и развития предприятия [7], доработанная с учетом его особенностей [13]. При этом учитывались оценки затрат, ограничения, связанные с разработкой новой продукции, закупкой нового оборудования, характеристики удачного исхода разработок, по которым ставились ограничения по объемам продаж с учетом сроков получения опытных образцов, себестоимости новой продукции.

Оптимизационная модель для НППГА «Луч» построена по данным 2009 г. со среднесрочным прогнозом на период 2010–2014 гг., причем рассмотрены три варианта модели оп-

тимизационного планирования: планирование деятельности предприятия с целевой функцией на максимум чистого дисконтированного дохода (ЧДД) при условии разработки новой продукции; с целевой функцией на максимум чистой прибыли при условии разработки новой продукции; с целевой функцией на максимум ЧДД, но без разработки новой продукции.

Коротко представим результаты оптимизационных расчетов. Рассмотрим двойственные оценки ограничений в задаче оптимизации на максимум ЧДД (табл. 2). На переменные, связанные с выпуском продукции и реализацией проектов, наложены ограничения целочисленности. Так как решение в целых числах выходит на верхние и нижние границы на соответствующие переменные, а решение такой же задачи без условий целочисленности дает тот же результат, то воспользуемся решением задачи линейного программирования.

Представим анализ (табл. 2) двойственных оценок по продукции, части ограничений и целочисленных переменных.

Так, двойственная оценка изделия № 1 определена в объеме 328,8 тыс. р. Следовательно, если верхнюю границу спроса уменьшить на единицу, то ЧДД сократится на 328,8 тыс. р. Двойственные оценки изделий для первого года планирования существ-

венно больше, чем для последующих лет. Это говорит о наличии системного (синергического) эффекта на предприятии. Получение прибыли за счет продажи какого-то изделия в первом году обеспечивает финансирование новых разработок в последующие годы, которые при их реализации также дают прирост прибыли и т. д. В пятом году двойственные оценки формируются только на базе эффектов этого периода.

Однако основной интерес связан с оценкой эффективности разработки и реализации нового прибора. Все, что связано с данным прибором, представлено в модели с помощью целочисленной переменной $H_{н пр}$. Двойственная оценка для этой переменной равна приросту ЧДД на 1856,37 тыс. р. Таким образом, программа создания и реализации нового прибора эффективна, способствует росту стоимости предприятия. Уточняется такая оценка следующим образом: решается та же задача на максимум ЧДД, но без проекта. ЧДД уменьшается с 47,77 до 45,86 млн р., т. е. на 1,91 млн р. Как видим, двойственная оценка проекта и расчеты с проектом и без

него дают почти одинаковые результаты. Это подтверждает правильность расчетов. Новая продукция за пять лет обеспечит прирост чистой прибыли – 16 843 тыс. р.

Снижает ЧДД реализация дополнительной программы НИОКР за пять лет на 5030 тыс. р. Она реализуется в обязательном порядке, хотя и недостаточно эффективна. Программа капитальных вложений увеличивает ЧДД на 315,68 тыс. р. (табл. 2).

Таким образом, мы представили методологический подход к организации планирования деятельности предприятия от разработки новой продукции до ее реализации в системе оптимизационного внутрифирменного управления в условиях риска и неопределенности внутренней среды. Пока рассмотрен только верхний уровень планирования – процесс создания новой продукции на основе использования стохастических графов с возвратами, теории массового обслуживания и оптимизационного планирования для оценки эффективности реализации новой продукции. Методический подход к организации планирования иллюстрируется практическими расчетами.

Таблица 2

Двойственные оценки ограничений на переменные задачи

Dual estimates of constraints on task variables

Обозначение изделий	2010	2011	2012	2013	2014
x_1	-328,8	-217,74	-153,98	-96,97	-45,88
x_2 (новый прибор)	-199,1	-131,8	-93,3	-58,7	-27,8
x_3	-70,82	-46,9	-33,17	-20,88	-9,88
x_4	-2,6	-1,71	-1,21	-0,76	-0,36
x_5	-2,67	-1,76	-1,25	-0,78	-0,37
x_6	-1,56	-1,03	-0,73	-0,46	-0,22
x_7	-734,67	-486,55	-344,08	-216,68	-102,54
Название ограничения					
Объем продаж	-0,27	-0,18	-0,127	-0,08	-0,038
Капитал и резервы	10	10,66	10,62	10,6	10
Прирост кредиторской задолженности	10	-10,66	-10,62	-10,6	-10
Название целочисленной переменной					
$X_{н пр}$ (новая продукция)	-1856				
НИОКР $X_{НИОКР}$	5030,03				
Программа капвложений $X_{к вл}$	-315,68				

Планирование согласования стратегического и тактического управления в условиях риска и неопределенности во внешней и внутренней среде. Представим методологический подход к формированию производственной программы предприятий серийного и мелкосерийного машиностроительного, приборостроительного производства на текущий год, когда спрос на продукцию носит вероятностный характер. Однако необходимо согласовать стратегические показатели, характеризующие развитие предприятия, с тактическими планами. Представим проблему более конкретно с практической точки зрения: как построить тактический план работы предприятия на планируемый период так, чтобы ключевые показатели на данный плановый период были выполнены (или перевыполнены). Сразу следует отметить, что здесь речь идет не только о системе согласования показателей, а и о решении задачи стохастического программирования [7]. Однако решать такие задачи на предприятии достаточно трудно. Именно поэтому рассмотрим более простой методологический подход решения подобной проблемы.

Обычно производственный план формируется на основе прогнозных оценок спроса на продукцию предприятия. Однако вероятностный характер спроса не учитывается, поэтому результат реализации продукции не совпадает с планом. Здесь и заложена сложность задачи по принятию решения во внутрифирменном управлении: текущее, тактическое планирование должно с наибольшей вероятностью приблизить фактические результаты работы предприятия к стратегическим планам в рассматриваемом периоде.

Итак, из стратегического плана фиксируются ключевые показатели. Они должны быть выполнены. Расчет проекта годового плана покажет степень рассогласования рассчитанных показателей с ключевыми. Данные рассогласования устраняются формированием плана реализации новаций. План повышения эффективности производства, план технического развития производства – важнейший элемент во внутрифирменном планировании, обеспечивающий и согласование показателей работы предприятия. Для этого этапа расчетов эффективно применение оптимизационной модели. С помощью модели составляется план реализации нововведений, позволяющий устранить (либо нет) указан-

ное рассогласование показателей, представить оптимизационный анализ ситуации.

Предположим, что задача согласования решена, но стохастический характер прогноза по спросу на продукцию не учитывался. В таком случае ставится следующая задача – сформировать такой годовой (квартальный, месячный) план, который с вероятностью, близкой к единице, приведет к выполнению ключевых показателей стратегического плана на рассматриваемый период.

Стохастический характер спроса на продукцию учитывается с помощью метода Монте-Карло. Генерируются прогнозы максимальных значений спроса с учетом информации за предшествующие периоды. Определяются среднеквадратические отклонения фактических значений спроса от плановых. Статистические наблюдения за несколькими лет позволяют обосновать закон распределения случайных величин.

Рассчитываются варианты спроса по всем наименованиям продукции, что позволяет воспользоваться моделью оптимизации для генерации множества планов деятельности предприятия. Определяются максимально возможные отклонения от плана. Полученная информация дает оценку стохастическим резервам, которые следует создать на предприятии. Они определяются максимальными отклонениями в расчетных вариантах плана рисками недостижения ключевых показателей первоначальных прогнозных их значений. Устранение рисков можно достигнуть за счет диверсификации производства и увеличения плана объемов продаж, разработки дополнительных новаций снижения затрат в производстве и др.

Таким образом, рекомендуется не решать значительного количества задач по стохастическому программированию, а использовать анализ информации о фактических отклонениях спроса от прогноза. Метод Монте-Карло позволяет генерировать варианты спроса. Такая информация обеспечивает расчет множества планов деятельности предприятия. Из таких вариантов плана находятся худшие решения по ключевым показателям. Наибольшее их отклонение от стратегических показателей и определяет возможные риски невыполнения тех или иных ключевых показателей. Такие риски устраняются созданием стохастических резервов.

Таблица 3

Тактические планы, учитывающие случайные отклонения фактического спроса

Tactical plans that take into account random deviations of actual demand

Показатели	Контрольные показатели	Исходное решение	Планы производства и реализации продукции с учетом возможных отклонений спроса от прогнозного, млн руб., %							
			1	2	3	4	5	6	7	8
Реализация	443,0	428,6	439,1	435,7	426,7	415,9	440,3	449,5	437,9	404,0
Чистая прибыль	20	23,2	23,3	21,9	21,3	17,8	23,8	29	24,7	17,1
Рентабельность продаж, %	5,6	6,8	6,6	6,3	6,2	5,3	6,8	8,1	7,1	5,3
Инвестиции на техническое перевооружение	20	23,2	23,3	21,9	21,3	17,8	23,8	29	24,7	17,1

Методический подход согласования показателей тактического и стратегического управления рассмотрим на информации приборостроительного предприятия с серийным характером производства [7]. Итак, пусть на планируемый период заданы на основе стратегического планирования контрольные показатели работы предприятия, сформированы тактический план и производственная программа с учетом верхней границы спроса на продукцию, которая обоснована службой маркетинга (табл. 3).

Используя метод Монте–Карло, формируются варианты спроса с учетом возможных отклонений. С помощью модели оптимизации формируются варианты тактического плана. Восемь вариантов плана (часть их показателей) представлены в табл. 3.

Восьмой вариант в наибольшей степени не обеспечивает достижения ключевых показателей. Продажи уменьшаются на 5,7 %, снижение прибыли – на 26 %, рентабельности – на 21,4 %. Данная информация позволяет на предприятии определить уровень стохастических резервов. Так, в данной ситуации на основе диверсификации производства следует увеличить продажи на 40 млн р., реализовать новации по снижению затрат.

Интеграция тактического планирования и операционной деятельности на предприятии. Далее представим методологический подход согласования тактических и операционных планов деятельности промышленных предприятий.

Производство относится к вероятностной системе, нарушение оперативных планов происходит ежесменно. Необходимо непрерывно корректировать графики на производственных участках. Проблема состоит в следующем. В реальных производственных условиях во времени исходная задача корректируется: первоначальный состав деталей на участках изменяется – приходят новые партии деталей, они входят в узлы, изделия. Сборочный процесс не может осуществляться без наличия всех готовых деталей. По товарной продукции задаются сроки ее выпуска. Фактические длительности операций отличаются от плановых, что также изменяет условия задачи. Оптимизация планирования нацелена на повышение эффективности производства за счет уменьшения уровня незавершенного производства, сокращения длительности производственного цикла (ДПЦ). Следовательно, в единичном, мелкосерийном и серийном производстве оперативное управление в указанных условиях обеспечивается непрерывным решением задач календарного планирования (по сменам, суткам, неделям) с учетом ограничений по срокам выпуска продукции в тактических планах. При этом решаются две задачи: одна задача оперативного управления производством (ОУП) ставится в целом по предприятию, другая – для участков производства.

В текущем, тактическом (месячном, квартальном, годовом) плане задаются сроки выпуска готовой продукции. В ОУП в целом

для предприятия на сборочных участках фиксируются сроки поступления готовых партий деталей. Затем с помощью имитационной или оптимизационной модели строится план-график в последовательности, обратной технологической обработке партий деталей по ведущим операциям, выполняемым на лимитирующих группах оборудования [15–18]. По остальным операциям приближенно задается время обработки и пролеживания. В оптимизационной модели задается множество возможных вариантов выполнения ведущих операций во времени. Это позволяет использовать модели целочисленного программирования. Таким образом, формируется допустимое решение задачи календарного планирования в целом для предприятия на время, не меньшее наибольшей ДПЦ [7]. Плановая информация поступает на каждый участок производства. План-график пересматривается, сдвигаясь на единицу времени (декаду, месяц) или с момента существенных изменений (заключены новые договора, произошло отклонение фактического выполнения работ от плана). На основе скользящего планирования на данном уровне ОУП устраняются возникающие риски.

На участке производства план-график строится по всем операциям на каждую смену, основываясь на информации от решения задачи календарного планирования в целом для предприятия [7]. При этом используется имитационная (основанная на применении картотеки пропорциональности) или оптимизационная модель. В наибольшей степени отклонения от плана приходится исправлять именно на данном уровне ОУП.

Следовательно, даже при использовании моделей оптимизации мы говорим только об оптимизации решения, о приближенном решении задач оперативно-календарного планирования.

Решения представленной задачи позволяют увязать их с показателями технико-экономического и финансового планирования через согласование планов выпуска готовой продукции в тактическом планировании и ОУП, что повышает качество оперативного управления.

В единичном и мелкосерийном производстве высокотехнологичной продукции с

большой ДПЦ рассматриваются два подхода. В первом – используется имитационная модель, отражающая процесс производства с учетом ведущих операций. Планирование осуществляется от текущего времени на определенный период принятия решений (декада, месяц). Существенные изменения ситуации приводят к пересмотру всего графика работ с нового момента времени. Решение принимается относительно заданного срока выпуска продукции, используются приоритеты деталей – минимум резерва времени до выпуска готовой продукции, относительный резерв времени, а ОУП представляется итерационным процессом.

В оптимизационном (втором) варианте расчетов при тех же исходных данных приближение к оптимальному решению имеет место в большей степени, чем в имитационном. Так, сокращается длительность обработки, уровень оборотных активов, повышается степень загрузки оборудования. Из-за возникающих изменений в данных приходится чаще ставить задачу оптимизации. Таким образом, реализуется такой же скользящий процесс ОУП как и в первом варианте. Во втором варианте расчетов требуется использование специального программного обеспечения решения задачи частично целочисленного программирования [19].

Далее представим методологическую основу согласования тактического и оперативного управления в серийном производстве высокотехнологичных изделий. Для такой продукции, как правило, велика ДПЦ. Предлагается систему ОУП с таким характером производства организовать на основе использования задач оптимизации объемно-календарного, оперативно-календарного и сетевого планирования.

Планирование в подобных производствах обычно организуется на базе сетевого планирования, определения критического пути. Однако при этом не решается основная проблема – не учитываются ограничения по использованию ресурсов. Когда такие ограничения ставятся, возникает задача, для которой до настоящего времени не разработан эффективный алгоритм ее решения. В данной работе предлагается такую задачу решать с помощью моделей сетевого и оперативно-календарного планирования [20], их систем-

ного объединения. Из оперативно-календарного планирования используется подход создания для ведущих операций множества вариантов их выполнения во времени, что позволяет графики работ сдвигать во времени в ту или другую сторону, учитывать использование ресурсов во времени, ограничения по ресурсам. Важно и то, что приближенно решается проблема задания длительностей работ (операций) не в целых числах.

Сетевое планирование позволяет учесть последовательность выполнения работ, сроки завершения всех работ в вершинах сетевого графика. Срок завершения работ в последней вершине согласуется с заданным временем выпуска готовой продукции из тактического плана. Таким образом, предлагается воспользоваться сетевым планированием, но с учетом возможности сдвигать время выполнения отдельных операций и в целом работ относительно друг друга, выделяя «узкие места» производства, как это делается при оперативно-календарном планировании [7, 20].

Критерий оптимизации – минимум времени выполнения работ по изделиям, минимум незавершенного производства в целом по предприятию. В целом задача сетевого планирования производства с учетом ограничений по ресурсам сводится к задаче линейного целочисленного программирования. Решение такой задачи вполне может осуществляться с помощью программного обеспечения [19].

Выводы. Итак, представлен научно-методологический, практический подход к планированию деятельности предприятия в условиях риска и неопределенности внешней и внутренней среды. В такой ситуации трудности управления промышленными предприятиями значительно возрастают. Это происходит из-за отсутствия достаточно обоснованных методик управления рисками на предприятиях. В данном исследовании концептуально представлен один из подходов к решению указанной проблемы с помощью оптимизационного моделирования. При этом риск и неопределенность во внешней и

внутренней среде учитываются как основные условия при принятии решений.

Стратегический уровень планирования осуществляется на базе разработки и реализации, в основном связанных с выпуском новой высокотехнологичной продукции. Однако именно на этом уровне в наибольшей степени проявляется влияние рисков и неопределенности на процессы планирования разработки, производства и реализации новой продукции. В научной литературе предлагается использовать для этой цели стохастические графы с возвратами. Эта идея поддерживается и в данном исследовании. Однако такой подход требует дополнительных методологических и методических разработок, проведения количественных расчетов, что и было нами проделано.

Разработан методический подход к согласованию стратегических решений с тактическими планами. Использована идея устранения экономических и других рисков, связанных с хозяйственной деятельностью предприятия в тактическом планировании, за счет создания стохастических резервов на основе реализации дополнительных нововведений, обеспечивающих получение сверхплановых объемов продаж, прибыли и других ключевых, стратегических показателей. Для расчетов использована модель оптимизации планирования деятельности предприятия.

Оперативное управление производством организуется как итеративный, скользящий процесс (уменьшающий производственные риски), реализуемый единой задачей с тактическим управлением. Использованы имитационные и оптимизационные модели.

В целом разработанная система моделей несомненно представляет интерес для теории и практики управления промышленными предприятиями.

Совершенствование системы моделей будет идти по направлению более полного их информационного согласования с целью планирования устойчивого развития промышленных предприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Качалов Р.М. Управление экономическим риском: теоретические основы и приложения. М.; СПб.: Нестор-История, 2012. 248 с.

[2] Кочеткова А.И. Основы управления в условиях хаоса (неопределенности). М.: Рид Групп, 2012. 624 с.

- [3] Управление промышленным предприятием в условиях новой индустриализации / под общ. ред. Я.П. Силина. Екатеринбург: УрГЭУ, 2016. 271 с.
- [4] **Перфильев А.А., Буфетова Л.П.** Феномен управленческого капитала в финансовой теории // Мир экономики и управления. 2017. Т. 17, № 1. С. 126–134.
- [5] **Богоявленский С.Б.** Теоретические и практические аспекты принятия решений в условиях неопределенности и риска. СПб.: СПбГЭУ, 2014. 215 с.
- [6] **Литвиненко А.Н., Бабкин А.В.** Применение риск-менеджмента при формировании организационно-экономических механизмов противодействия чрезвычайным ситуациям // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2009. № 6-2 (90). С. 131–137.
- [7] **Цомаева И.В.** Совершенствование управления мелкосерийным и серийным производством (на примере ОАО «Алтайский приборостроительный завод «Ротор») / под ред. В.В. Титова. Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2014. 281 с.
- [8] **Андерсон А.Р., Гриненко Б.А., Мартынов Э.З., Мироносецкий Н.Б.** Управление производством новых изделий. Новосибирск: Наука СО, 1980. 216 с.
- [9] **Мироносецкий Н.Б.** Моделирование процессов создания и выпуска новой продукции. Новосибирск: Наука СО, 1976. 167 с.
- [10] **Мироносецкий Н.Б., Кирина Л.В., Кузнецова С.А., Маркова В.Д.** и др. Модели управления научно-техническим прогрессом на предприятии / отв. ред. К.А. Багриновский. Новосибирск: Наука СО, 1988. 153 с.
- [11] **Kravchenko N.A., Kuznetsova S.A., Yusupova A.T., Jithendranathan T., Lundsten L.L., Shemyakin A.E.** A comparative study of regional innovative entrepreneurship in Russia and the United States // Journal of Small Business and Enterprise Development. 2015. Vol. 22. Is. 1. P. 63–81.
- [12] **Бабкин И.А.** Анализ методов и разработка моделей прогнозирования затрат на новую технику // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2008. № 5 (64). С. 316–322.
- [13] **Напреева С.К.** Применение оптимизационных моделей для планирования разработки новой геофизической аппаратуры // Инновации и инвестиции. 2014. № 6. С. 127–132.
- [14] **Winters P.R.** Forecasting Sales by Exponentially Weighted Moving Averages // Management Science. 1960. Vol. 6, no. 3. P. 324.
- [15] **Плещинский А.С.** Оптимизация межфирменных взаимодействий и внутрифирменных управленческих решений. М.: Наука, 2004. 254 с.
- [16] **Мауэргруз Ю.Е.** «Продвинутое» планирование и расписания (AP&S) в производстве и цепочках поставок. М.: Экономика, 2012. 574 с.
- [17] **Panwalker S.S., Iskander W.** Survey of Scheduling Rules // Operational Research. 1977. Vol. 25, no. 1. P. 45–71.
- [18] **Silva C., Magalhaes J.M.** Heuristic Lot Size Scheduling on Unrelated Parallel Machines with Applications in the Textile Industry // Computers & Industrial Engineering. 2006. Vol. 50. P. 76–89.
- [19] **Забиняко Г.И.** Пакет программ целочисленного программирования // Дискретный анализ и исследование операций. 1999. Сер. 2. Т. 6, № 2. С. 32–41.
- [20] **Титов В.В., Безмельницын Д.А.** Оптимизация согласования оперативного управления сложным производством со стратегическими планами предприятия // Экономика и математические методы. 2015. Т. 51. Вып. 3. С. 102–108.

ТИТОВ Владислав Владимирович. E-mail: titov@ieie.nsc.ru

БЕЗМЕЛЬНИЦЫН Дмитрий Аркадьевич. E-mail: gd@elsib.ru

НАПРЕЕВА Светлана Константиновна. E-mail: stenkala@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 09.08.17

REFERENCES

- [1] **R.M. Kachalov,** Upravlenie ekonomicheskim riskom: teoreticheskie osnovy i prilozheniia, Moscow; St. Petersburg, Nestor-Istoriia, 2012.
- [2] **A.I. Kochetkova,** Osnovy upravleniia v usloviakh khaosa (neopredelennosti). M.: Rid Grupp, 2012. 624 s.
- [3] Upravlenie promyshlennym predpriiatiem v usloviakh novoi industrializatsii. Pod obshch. red. Ia.P. Silina, Ekaterinburg, UrGEU, 2016.
- [4] **A.A. Perfil'ev, L.P. Bufetova,** Fenomen upravlencheskogo kapitala v finansovoi teorii, Mir ekonomiki i upravleniia, 17 (1) (2017) 126–134.
- [5] **S.B. Bogoiavlenskii,** Teoreticheskie i prakticheskie aspekty priniatiia reshenii v usloviakh neopredelennosti i riska, St. Petersburg, SPbGEU, 2014.
- [6] **A.N. Litvinenko, A.V. Babkin,** Risk-management application at formation of organizational-economic mechanisms of counteraction to emergency situations, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 6-2 (90) (2009) 131–137.
- [7] **I.V. Tsomaeva,** Sovershenstvovanie upravleniia melkoseriinykh i seriinykh proizvodstvom (na primere OAO «Altaiskii priborostroitel'nyi zavod «Rotor»). Ed. V.V. Titov, Novosibirsk, IEOPP SO RAN, 2014.
- [8] **A.R. Anderson, B.A. Grinenko, E.Z. Martynov, N.B. Mironosetskii,** Upravlenie proizvodstvom novykh izdelii, Novosibirsk, Nauka SO, 1980.
- [9] **N.B. Mironosetskii,** Modelirovanie protsessov sozdaniia i vypuska novoi produktsii, Novosibirsk, Nauka SO, 1976.
- [10] **N.B. Mironosetskii, L.V. Kirina, S.A. Kuznetsova, V.D. Markova** i dr., Modeli upravleniia nauchno-tekhnicheskim progressom na predpriiatii. Otv. red. K.A. Bagrinovskii, Novosibirsk, Nauka SO, 1988.

- [11] **N.A. Kravchenko, S.A. Kuznetsova, A.T. Yusupova, T. Jithendranathan, L.L. Lundsten, A.E. Shemyakin**, A comparative study of regional innovative entrepreneurship in Russia and the United States, *Journal of Small Business and Enterprise Development*, 22 (1) (2015) 63–81.
- [12] **I.A. Babkin**, The analysis of methods and working out of models of forecasting of the prices for the new technics, *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*, 5 (64) (2008) 316–322
- [13] **S.K. Napreeva**, Primenenie optimizatsionnykh modelei dlia planirovaniia razrabotki novoi geofizicheskoi apparatury, *Innovatsii i investitsii*, 6 (2014) 127–132.
- [14] **P.R. Winters**, Forecasting Sales by Exponentially Weighted Moving Averages, *Management Science*, 6 (3) (1960) 324.
- [15] **A.S. Pleshchinskii**, Optimizatsiia mezhfirmennykh vzaimodeistvii i vnutrifirmennykh upravlencheskikh reshenii, *Moscow, Nauka*, 2004.
- [16] **Iu.E. Mauergauz**, «Prodvintoe» planirovanie i raspisaniia (AR&S) v proizvodstve i tsepkakh postavok, *Moscow, Ekonomika*, 2012.
- [17] **S.S. Panwalkar, W. Iskander**, Survey of Scheduling Rules, *Operational Research*, 25 (1) (1977) 45–71.
- [18] **C. Silva, J.M. Magalhaes**, Heuristic Lot Size Scheduling on Unrelated Parallel Machines with Applications in the Textile Industry, *Computers & Industrial Engineering*, 50 (2006) 76–89.
- [19] **G.I. Zabiniako**, Paket programm tselochislennogo programmirovaniia, *Diskretnyi analiz i issledovanie operatsii. Ser. 2*, 6 (2) (1999) 32–41.
- [20] **V.V. Titov, D.A. Bezmel'nitsyn**, Optimizatsiia soglasovaniia operativnogo upravleniia slozhnym proizvodstvom so strategicheskimi planami predpriatiia, *Ekonomika i matematicheskie metody*, 51 (3) (2015) 102–108.

TITOV Vladislav V. E-mail: titov@ieie.nsc.ru
BEZMELNITSYN Dmitrii A. E-mail: gd@elsib.ru
NAPREEVA Svetlana K. E-mail: stenkala@yandex.ru