

## **Scenario Approach to the Planning of the Production Activities of the Enterprise with a Discrete Type of Production (for Example, Electrical Engineering Industry)**

**Krylova E.V.**

Novosibirsk State Technical University  
Novosibirsk, Russian Federation

**Abstract.** In conditions of global economic instability the success of electromechanical enterprises depends on their ability to react quickly to challenges of external environment. In order to create background and conditions for this ability the given enterprises refer to manufacturing activity planning, using a probabilistic approach based on forecasts that may not be true. The question of provision of more complete consideration of various internal and external factors and acceleration of decision making process and reaction to changing business environment arises before the organizations that concern more effective scheduling policy. International practice of solving such problems generally leads to qualitative discussion, whereas quantitative assessment of impact of control parameters of enterprise is not practically used, because there is no one systematic approach to manufacturing activity planning. On the basis of studying of international practices methodical guidelines of scenario approach to manufacturing activity planning with mathematical modeling of economics of producer price on electromechanical enterprises have been developed, which reasonably could be used with reference to and interaction with enterprise manufacturing program. The described approach allows solving planning problems iteratively in real-time mode concerning profit maximization, to form producer prices, to divide overhead costs according to the type of products and carry out cost accounting according to the type of a product, and it will provide functional interaction between factors and performance indicators.

**Keywords:** planning, production activity, enterprise, uncertainty, sustainability, scenario, production program, economic-mathematical modeling, forecasting, economic impact.

### **Scenariu de abordare a planificării activităților de producție pentru o întreprindere cu tip de producție discret (de exemplu, industria mașinilor electrice)**

**Krylova E.V.**

Universitatea Tehnică de Stat din Novosibirsk  
Novosibirsk, Russian Federation

**Rezumat.** În condițiile instabilității globale a relațiilor economice, succesul întreprinderilor de construcție a mașinilor și echipamentelor electrice depinde în mare măsură de capacitatea acestora de a răspunde rapid și flexibil la provocările mediului extern. Pentru a crea premisele și condițiile pentru această abilitate, aceste întreprinderi optează pentru planificarea activităților de producție utilizând o abordare probabilistică bazată pe previziuni care pot să nu se confirme. Organizațiile, care conștientizează necesitatea promovării a unei politici cât se poate de eficientă în domeniul planificării, se confruntă cu provocarea de a se lua în considerare pe deplin factorii interni și externi, precum și de necesitatea accelerării realizării procedurilor decizionale și de reglementare ca răspuns la schimbările din mediul economic. Practica internațională de soluționare a acestei probleme se reduce în principiu la analiza calitativă, în timp ce estimările cantitative ale influenței principalilor parametri de control ai unei întreprinderi nu este utilizate în majoritatea cazurilor în practică, deoarece nu există o abordare sistematică unică în ceea ce privește planificarea activităților de producție. Bazându-ne pe studiul experienței străine, s-au elaborat prevederile metodologice ale abordării scenariului de planificare a activității de producție prin utilizarea modelării economice și matematice a prețurilor de producție la întreprinderile de construcții de mașini electrice, care sunt rezonabil de aplicat în interacțiune cu problema elaborării programului de producție al întreprinderii. Această metodă va permite soluționarea iterativă a problemelor planificării în modalitatea "în timp real", luând în considerare maximizarea profitului, formarea prețurilor producătorilor, distribuirea costurilor indirecte pe tipuri de produse și efectuarea costurilor pe tipuri de produse, precum și asigurarea unei relații funcționale între factorii și indicatorii de performanță.

**Cuvinte-cheie:** planificare, activitate de producție, întreprindere, factor de incertitudine, durabilitate, scenariu, program de producție, modelare economică și matematică, prognoză, efect economic.

## Сценарный подход к планированию производственной деятельности на предприятии с дискретным типом производства (на примере электромашиностроительной отрасли)

Крылова Е.В.

Новосибирский Государственный Технический Университет  
Новосибирск, Российская Федерация

**Аннотация.** В условиях глобальной нестабильности экономических отношений успех электромашиностроительных предприятий в большей степени зависит от их способности к быстрому и гибкому реагированию на вызовы внешней среды. Для создания предпосылок и условий этой способности данные предприятия обращаются к планированию производственной деятельности, используя вероятностный подход на основе прогнозов, которые могут не подтвердиться. Перед организациями, озабоченными как можно более эффективной политикой планирования, встает вопрос обеспечения наиболее полного учета разнообразных внутренних и внешних факторов, а также ускорением процедур принятия решений и регулирования в ответ на изменения экономической конъюнктуры. Международная практика решения данной проблемы сводится в основном к анализу на качественном уровне, тогда как количественные оценки влияния основных контрольных параметров предприятия в большинстве случаев не используются на практике, т.к. нет единого системного подхода к планированию производственной деятельности. На основании изучения зарубежного опыта разработаны методические положения сценарного подхода к планированию производственной деятельности с использованием экономико-математического моделирования цены производителя на электромашиностроительных предприятиях, которые целесообразно применять во взаимосвязи и взаимодействии с задачей построения производственной программы предприятия. Данный метод позволит итеративно решить задачи планирования в режиме «реального времени» с учетом максимизации прибыли, сформировать цены производителя, распределить косвенные затраты по видам продукции и провести калькулирование себестоимости по видам изделий, а также обеспечит функциональную взаимосвязь между факторами и показателями производственной деятельности.

**Ключевые слова:** планирование, производственная деятельность, предприятие, фактор неопределенности, устойчивость, сценарий, производственная программа, экономико-математическое моделирование, прогнозирование, экономический эффект.

### Введение

В современных условиях изменения хозяйственной и институциональной среды, усиления факторов неопределенности, а также глобальных кризисных ситуаций усложнились проблемы в планировании, связанные с эффективным функционированием и решением задач развития предприятий. На уровне электромашиностроительных предприятий в настоящее время нет единого системного подхода к планированию производственной деятельности, что не позволяет организовать действенной системы экономических отношений и связей, ориентированной на получение прибыли. Волонтильность цен, спрос на продукцию и другие факторы замедляют процесс осуществления намеченных целей.

По прогнозам большинства экспертов, российская экономика вступила в полосу затяжного спада, которая продлится, как минимум, до конца 2017 года, в то время как снижение инвестиций в основной капитал и сохранение на высоком уровне оттока капитала сохранятся, как минимум, до 2018 года.

По данным федеральной службы гос. статистики индекс промышленного производства в 2016 году по сравнению с 2015 годом снизился на 3,4%, обрабатывающие производства потеряли 5,4% и т.д. [1].

При усиливающейся нестабильности факторов внешней и внутренней среды и возрастающей неопределенности экономических показателей растет практический интерес к вопросам эффективного планирования производственной деятельности субъектов хозяйствования, которые достаточно широко отражены в трудах классических и современных авторов таких как: В.М. Португал, Т. Саати, К. Керне, Й. Шумпетер. Рассматриваются преимущественно традиционные наборы методов планирования: стратегическое, тактическое, оперативное, сценарное. При формировании стратегических планов отдельные авторы выделяют метод сценарного планирования.

Формирование сценариев рассматриваются как в классических источниках экономической литературы (А.А. Томпсон, Г. Минцберг, Д. Барнет, Дж. Стрикленд, У. Уилстед, Э. Кэмпбелл, Л.

Саммерс), так и в рамках узких предметных направлений в планировании (Б. Альстренд, Дж. Лэмпел, О. Уильямсон, М. Линдгрэн, Х. Бандхольд, А. Р. Коэн). Сценарное планирование сводится в основном к анализу на качественном уровне, тогда как количественные оценки влияния основных контрольных параметров предприятия в большинстве случаев не используются на практике, т.к. отсутствует достаточно разработанный инструментарий.

В практическом применении сценарное планирование не всегда может гарантировать успех, затруднения возникают в процессе реализации сценарных планов, т.к. недостатками являются высокие потери времени для руководящего состава, недостаточная глубокая проработка и обоснованность различных вариантов развития событий, высокая трудоемкость тестирования сценариев.

Таким образом, использование комбинированного метода планирования экономических показателей предприятия не представляется возможным, в силу отсутствия жесткой функциональной взаимосвязи между факторами и показателями производственной деятельности. Вследствие этого, теория и практика требует пересмотреть сценарный подход к планированию производственной деятельности как продолжающийся циклический процесс изменения и применения экономических показателей организационного процесса.

## 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Многие зарубежные ученые, признают планирование первичной функцией в производственной деятельности, так как это основа, на которой базируются все другие функции [2-8]. Под планированием в разных ситуациях может пониматься процесс распределения ресурсов для достижения поставленных целей, деятельность, связанная с постановкой целей (задач) и действий в будущем.

По-иному рассматривают Т. Саати и К. Керне, для которых «планирование можно вообразить как непрерывный и иногда нерегулярный цикл мышления и действия, который помогает построить более надежные и эффективные системы. Это не дискретная деятельность с явным началом и концом...» и

далее: «... планирование — процесс проецирования вероятного или логического будущего — обобщенного сценария — и идеализированных желаемых будущих состояний» [9]. Одни авторы считают, что планирование — это «процесс определения соответствующего будущего действия через последовательность выборов», другие — «предвидение при одновременной формулировке и осуществлении программ и политик» или «процесс подготовки ряда решений для осуществления последующих действий, направленных на достижение целей предпочитаемыми средствами» [10, 11]. Т. Саати и К. Керне в работе «Системное планирование» ввели термин сценарное планирование для интеллектуальных и аналитических процедур планирования на основе метода систем по этапам влияния факторов [9]. Как показано в ряде работ, этот термин может обозначать модель комплексного и сложного процесса направления, включающего информационные технологии и интеллектуально-экспертные системы при принятии решений [12, 13].

Более кратко определяет сценарное планирование ведущий германский специалист Д. Хан: «Сценарное планирование - это планирование достижения целей» [14]. Под ним он подразумевает одновременное планирование производственной программы, механизмов достижения стратегических решений, возможности организации и структуры потенциалов.

Как считают Матс Линдгрэн и Ханс Бандхольд, сценарий не является прогнозом, то есть описанием сравнительно предсказуемого развития событий настоящего. Не является он и видением — желаемым будущим. Сценарий — это тщательно продуманный ответ на вопросы: «Что случится предположительно?» или «Что произойдет, если...?» Таким образом, сценарий отличается и от прогноза, и от видения, которые имеют тенденцию скрывать риски. Сценарий же, напротив, дает возможность управлять рисками [15].

Учитывая описанное выше, сценарный подход к планированию производственной деятельности электромашиностроительного предприятия определяется нами как система вариантных плановых расчетов финансово-хозяйственной деятельности, проводимых с учетом внутренних и внешних факторов и

условий, в том числе неопределенной природы сопровождающих функционирование и развитие экономического объекта. Рассматриваются ситуации, когда в силу одновременного изменения факторов внешней и внутренней среды, характер которых заранее неизвестен, возможно, возникновение различных ситуаций, в которых может оказаться предполагаемый объект.

Исходным пунктом формирования сценариев предприятия является осознание его руководством невозможности сохранить и укрепить позиции организации, действующей в условиях перенасыщенного рынка, опираясь на традиционную политику. Отсюда необходимость переориентации методов управления развитием предприятия, базирующихся на прошлых достижениях, освоенных товарах и технологиях (т. е. внутренних факторах), на возможности и ограничения, накладываемые рыночной средой (внешние факторы) [16].

## II. МЕТОДЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Рассматривая производственную деятельность, как деятельность, в процессе которой осуществляется производство продукции, товаров, работ, услуг, соответствующих реализации потребителям, следует определить, что предприятие

осуществляет производственную деятельность, используя различные методы планирования: сетевой, программно-целевой, расчетно-аналитический, экономико-математический, балансовый.

Планирование производственной деятельности охватывает комплекс процессов, явлений и событий, связанных с выработкой своевременных решений и осуществлением необходимых действий, предвидением будущего, анализом последствий управляющих воздействий и инноваций. Это находит выражение в подходах к технологиям, моделям и концепциям производственного управления [17-19]. В этом контексте функции механизма планирования заключатся в следующем: обоснование и выбор новых направлений деятельности предприятия; формулирование задач и целей предприятия; разработка тактики реализации целей предприятия; планирование реализации проектов; выделение центров доходов и затрат, установление связей между ними; подбор персонала и его расстановка; учет и контроль результатов деятельности предприятия; выявление факторов риска и их ранжирование.

Перечисленные функции планирования определяют выбор методов планирования, который связан со всеми аспектами деятельности предприятия (Таблица 1).

Таблица 1.

Классификация методов планирования

№ п/п	Классификационный принцип	Методы планирования			
		Общее	Частное		
1.	Степень охвата				
2.	Содержание планирования	Стратегическое	Тактическое	Оперативное	Сценарное
3.	Предмет (объект) планирования	Целевое	Планирование средств	Программное планирование	Планирование действий
4.	Сфера функционирования	Планирование сбыта	Планирование производства	Планирование персонала	Планирование финансов
5.	Глубина планирования	Глобальное	Контурное	Детальное	Детальное
6.	Сроки планирования	Долгосрочное планирование	Среднесрочное планирование	Краткосрочное планирование	
7.	Учет изменения данных	Жесткое	Гибкое		
8.	Очередность во времени	Упорядоченное	Скользящее		
9.	Уровень управления	Фирменное	Корпоративное		
10.	Методы обоснования	Рыночные	Индикативные (государственное регулирование)	Централизованные, директивные	

Выбор метода и системы планирования на предприятии подразумевает, формирование адекватной системы показателей и параметров производственной деятельности, которые должны опираться на ряд основополагающих принципов:

- принцип комплексности, который заключается в агрегированном рассмотрении всех аспектов планирования изменений производственной деятельности;

- принцип системности, в рамках которого рассматриваются взаимосвязи и взаимозависимости между агрегированными аспектами объекта изучения;

- принцип многовариантности, подразумевающий разработку нескольких альтернативных вариантов планирования изменений производственной деятельности, а также осуществление процедуры выбора наиболее рационального варианта на основе критерия эффективности;

- принцип безусловного развития технико-технологических систем производственного процесса, как одного из важнейших элементов обеспечения необходимого уровня производственной деятельности предприятия.

Исходя из перечисленных принципов методического базиса, обеспечить принципы соответствующих исследуемой проблеме планирования производственной деятельности возможно с помощью сценарного подхода к планированию, т.к. он является детальным планированием действий и финансов. Планирование производственной деятельности на предприятии, основанное на сценарном подходе, предполагает одновременное рассмотрение производственной деятельности с двух сторон – с одной, происходит оценка исходя из влияния факторов, как внешней так и внутренней среды, с другой стороны – происходит планирование тех изменений, которые произойдут в технико-экономических показателях деятельности предприятия.

Сценарное планирование в классической интерпретации изученных авторов рассматривается как составная часть технологии управления в условиях неопределенности и нестабильности факторов внешней и внутренней среды, направленного на формирование будущей конкурентоспособности предприятия. Однако как показывает анализ не все основные элементы или этапы сценарного

планирования в достаточной мере разработаны и применяются как в теоретических исследованиях, так и в прикладном аспекте сценарного планирования.

Таким образом, рассматривая организационно-функциональную модель деятельности предприятия с развитыми процедурами принятия решений, основанных на аналитических процессах сценарного планирования, необходимо выбрать вариант системных взаимосвязей происходящих на предприятии процессов.

### **III. СОСТАВЛЯЮЩИЕ МЕХАНИЗМА ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭЛЕКТРОМАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

Сложность экономической ситуации и разнообразие происходящих на предприятии процессов не позволяют использовать перечисленные методы в чистом виде, поэтому чаще всего применяются их различные комбинации, которые должны основываться на системном научном подходе при изучении состояния электромашиностроительного предприятия, его внешней и внутренней среды.

Вариантом создания действенной системы планирования производственной деятельности на предприятии предлагается интеграция систем - ERP и MES, каждая из которых призвана выполнять свои четко оговорённые функции. Поиск оптимальных программ управления и регулирования составляет сущность кибернетического подхода к регулированию системами. При этом координация системой предполагает инвариантный перебор некоторого множества альтернативных программ. Руководство процессом преобразования и развития осуществляется в замкнутом контуре посредством обратных связей, т.е. на основе информации о состоянии и качестве выходов системы, поступающей на ее вход. Наличие обратной связи обеспечивает своевременное восстановление параметров выхода системы в заданных границах за счет собственных возможностей и ресурсов, чем и достигается самоорганизация систем [20-22]. Отличие MES-системы от ERP состоит в том, что они находятся на разных уровнях

информационной структуры. Такая автоматизация характеризуется экономической прозрачностью и определенностью целей. Она позволяет непосредственно рассчитать обобщающие экономические показатели, отражающие реальную взаимосвязь экономических, производственных и технических параметров в «реальном времени» в том же масштабе, в котором функционируют основные производственные процессы.

В рамках MES – системы реализуется задача календарного планирования выпуска готовой продукции, сбалансированного по производственным мощностям и доведением оперативных плановых заданий до отдельных подразделений; производится управление очередностью выполнения операций; диспетчирование и контроль хода производства, и т.д. ERP – система верхнего уровня администрирования, напрямую связанная с внешней средой (поставщики и потребители). Согласно кибернетическому принципу «внешнего дополнения» автоматизация такой сложной социотехнической системы как электромашиностроительное предприятие не может быть полной, следовательно, ERP – с

необходимостью является открытой системой. Таким образом, MES - это нижнее звено для ориентированной на экономические ERP-системы, автоматизация оперативной деятельности электромашиностроительного предприятия на уровне цеха, участка или линии в интегрированной информационной среде. Оно в свою очередь облегчает и ускоряет применение сценарного подхода к планированию производственной деятельности в краткосрочном и среднесрочном периодах [23].

На рисунке 1 представлена структурная схема планирования производственной деятельности посредством ERP и MES – систем с основными функциональными блоками. Это позволяет конкретизировать цель исследования в данной статье - разработка методического положения сценарного подхода к планированию производственной деятельности электромашиностроительного предприятия в интегрированной информационной среде с помощью экономико-математической модели, направленного на обеспечение эффективной реализации производственной программы.

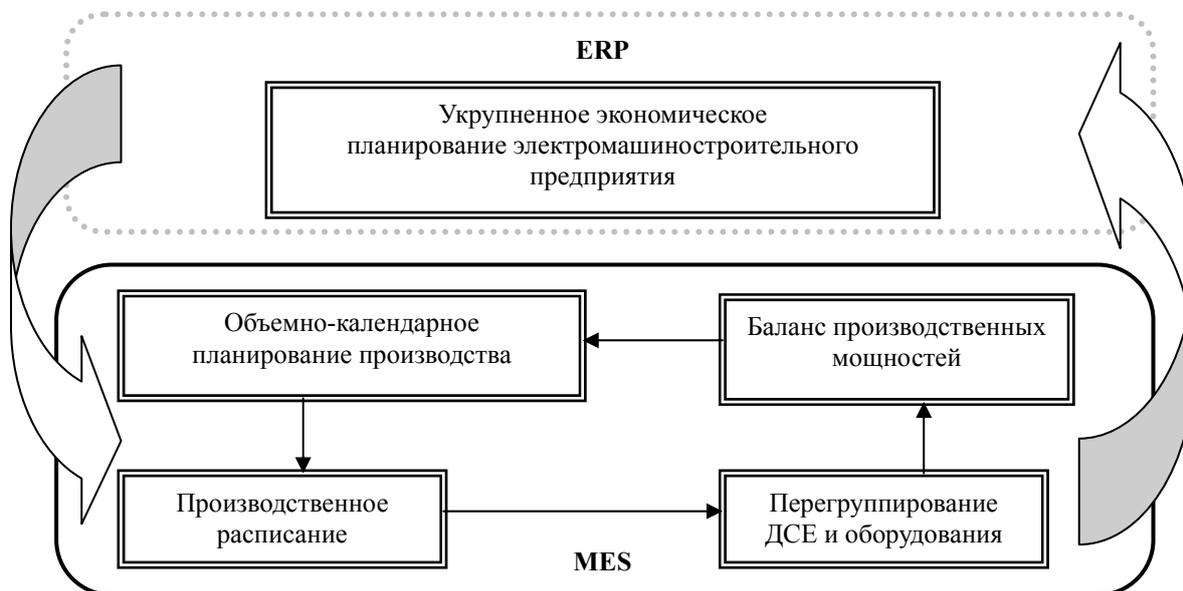


Рис. 1. Схема структурных элементов планирования в интегрированной информационной среде электромашиностроительного предприятия.

В свете вышесказанного предлагаемые составляющие механизма сценарного подхода к планированию производственной деятельности электромашиностроительного предприятия в интегрированной

информационной среде укрупнено представляется в последовательности, представленной на рисунке 2.

На первом этапе - разработки сценариев - учитывается целый набор внешних и

внутренних факторов: номенклатура будущих готовых изделий, периоды времени их изготовления, наличие связанных заказов и их приоритеты, потребности в материалах и

комплектующих деталях с учетом складских запасов и т.д., а также регистрация заявок на заказы в ERP – системе.

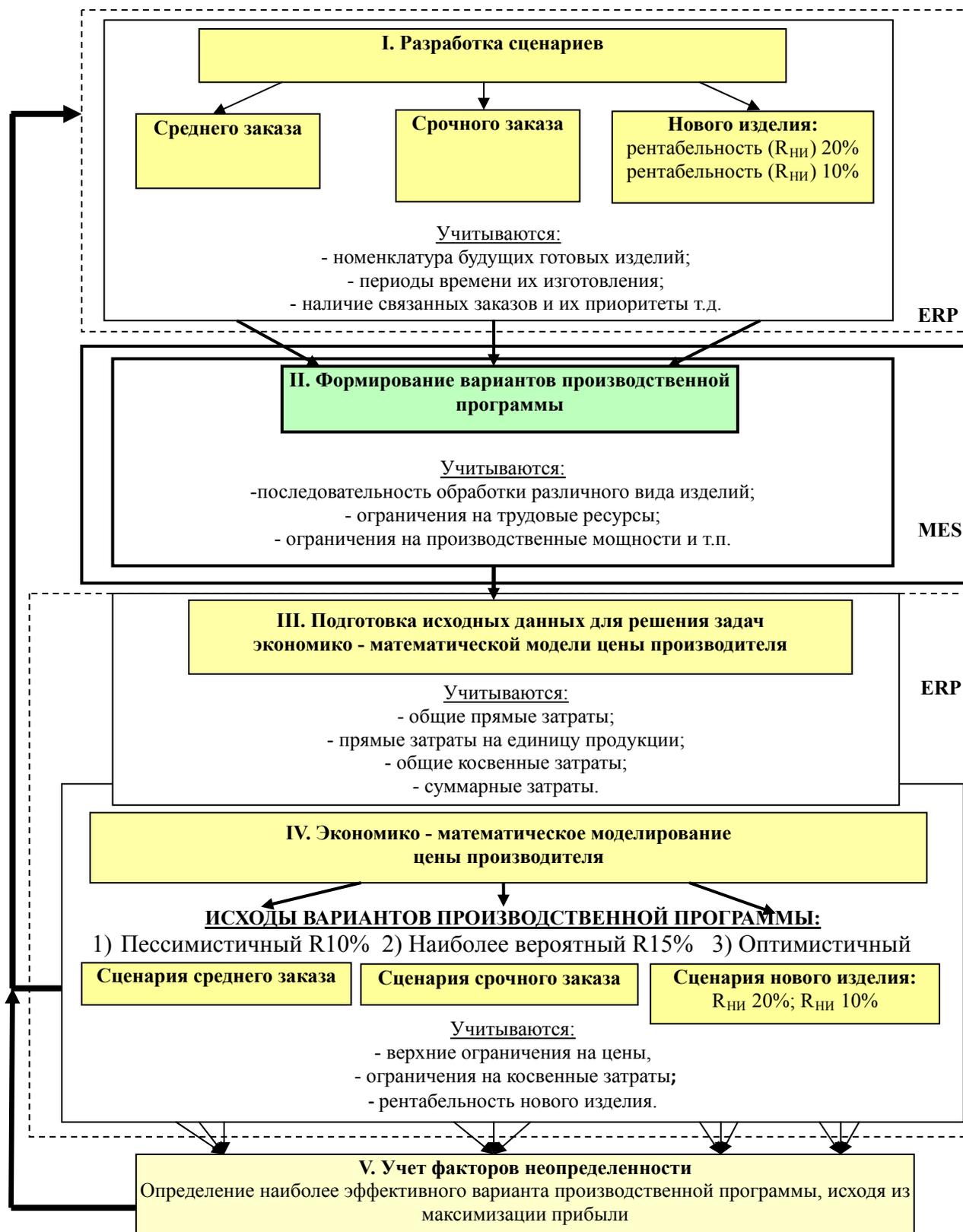


Рис. 2. Составляющие механизма сценарного подхода к планированию производственной деятельности на предприятии, где  $R_{ни}$  – рентабельность нового изделия.

Второй этап принимает во внимание производственно-экономические моменты, учитываемые MES – системой:

- последовательность обработки различного вида изделий;
- ограничения на трудовые ресурсы;
- ограничения на производственные мощности (оборудование, станки);
- сменность работы цехов и т.п.

Для каждого сценария в рамках MES – системы производится расчет производственной программы электромашиностроительного предприятия с учетом всех возможных производственных ограничений.

На третьем этапе после выхода информации из MES – системы о варианте производственной программы по номенклатуре и объему с установленными прямыми затратами по видам изделий, проводится расчет общих прямых затрат по всей номенклатуре. По предоставленным отчетам организации учитываются общие косвенные затраты. Кроме того, рассчитываются суммарные затраты на выпуск данного варианта производственной программы. Этот этап подразумевает сбор данных для расчета предлагаемой экономико-математической модели.

На четвертом этапе решается экономико-математическая модель для каждого варианта производственной программы. Информация поступает в ERP – систему, где для каждого варианта плана выпуска готовой продукции решается задача (1) – (8). Исходя из вида сценария, устанавливаются ограничения, необходимые для получения нужных результатов.

Это либо верхние ограничения на цены (5), либо на косвенные затраты или установление индивидуальной рентабельности на новые изделия.

Оптимизационная экономико-математическая модель цены производителя, позволит целесообразно распределить косвенные затраты по видам продукции и провести калькулирование на этой основе себестоимости по указанным видам изделий, сформировать цены, в том числе на новую продукцию, с учетом использования ограничений на косвенные затраты и индивидуальной рентабельности изделий, а также установить скидки с учетом реакции рынка.

Модель одновременно может служить инструментом распределения косвенных затрат не пропорционально какой-либо принятой базе (традиционные подходы), а исходя из экономической целесообразности с точки зрения всего электромашиностроительного предприятия как системы, также для интеграции информационных систем и сценарного планирования в качестве составляющей экономического руководства предприятием:

$$\sum_{i=1}^m Q_i * P_i \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$\frac{1}{C} * \sum_{i=1}^m Q_i * Y_i \leq (1 + R), \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m Q_i * \Delta_i = C_{kos}, \quad (3)$$

$$Y_i - \Delta_i - P_i = r_i, \quad i = 1, \dots, m, \quad (4)$$

$$Y_i \leq \bar{Y}_i, \quad \text{для } i \in I = \{i \mid i = 1, \dots, m\}, \quad (5)$$

$$P_i, \Delta_i, Y_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, m., \quad (6)$$

где  $Q_i$  - количество продукции  $i$ -го вида ( $i=1, \dots, m$ );

$r_i$  - удельные прямые затраты на производство  $i$ -й продукции;

$P_i$  - удельная валовая прибыль, связанная с производством продукции  $i$ -го вида;

$\Delta_i$  - искомые удельные косвенные затраты на производство продукции  $i$ -го вида;

$Y_i$  - ориентировочные цены на  $i$ -ю продукцию;

$C$  - общая величина затрат на  $i$ -ю продукцию;

$C_{kos}$  - косвенные затраты на  $i$ -ю продукцию;

$C_{pr}$  - прямые затраты на  $i$ -ю продукцию;

$R$  - уровень рентабельности.

1) - установка при ценообразовании на определенный уровень рентабельности  $R$  по затратам;

$$C = C_{kos} + C_{pr}; \quad C_{pr} = \sum_{i=1}^m Q_i \cdot r_i; \quad R = \frac{P_v}{C},$$

где  $P_v$  - валовая прибыль.

2) - ограничение на необходимость распределения по видам продукции общей величины  $C_{kos}$  косвенных затрат.

С помощью изменения параметра  $R$  ограничение (2) может быть использовано для корректировки соотношения цен на отдельные продукты в соответствии с рыночным спросом, т.е. определения  $Y(R)$  и  $\Delta(R)$  как функций  $R$ .

Для формирования цены на новую продукцию можно использовать ограничение (7) индивидуального уровня рентабельности с добавлением ограничения на косвенные затраты (8) по данному виду:

$$\frac{1}{(1+R)} \cdot Y_i - \Delta_i \cdot r_i ; \quad (7)$$

$$\Delta_i k \cdot (\bar{\Delta}_i), \quad i \in I, \quad \text{где } k \geq 1; \quad (8)$$

$$\bar{\Delta}_i = r_i \cdot \frac{C_{kos}}{C_{pr}}$$

Задача (1-8) является моделью формирования цены производителя на предприятии, которую целесообразно применять во взаимосвязи и взаимодействии с задачей построения производственной программы электромашиностроительного предприятия (MES – система), итеративно реализуя тем самым систему указанных моделей для нахождения в конечном итоге оптимального вектора  $\vec{Q}^* = (Q^*_1, Q^*_2, \dots, Q^*_m)$ , где  $m$  - количество видов готовой продукции. С помощью данной модели можно решать следующие задачи:

1. Распределение косвенных затрат по видам продукции и калькулирование на этой основе себестоимости по указанным видам изделий, что является основой формирования цен.

2. Определение для каждого варианта производственной программы и ее реализации уровня рентабельности при заданных ценах.

3. Определение обоснованной, с точки зрения максимизации прибыли, величины ценовых скидок при установленном уровне рентабельности.

4. Формирование цен на новую продукцию с помощью индивидуального уровня рентабельности.

5. Использование модели для окончательного выбора реализации производственной программы.

Полученные после решения модели результаты, во-первых, необходимы как сведения для заключения договоров с клиентами (информация о ценах  $Y_i, i=1, \dots, m$  по видам готовой продукции); во-вторых, они могут использоваться для анализа и уточнения факторов и сценариев, некоторых ограничений модели (например, (1-6) или (7, 8)) с последующим пересчетом производственной программы.

После получения результатов по прибыли и рентабельности по каждому варианту плана выпуска готовой продукции есть возможность вернуться на первый этап выполнения сценарного планирования и внести коррективы при изменении внутренних и внешних факторов. Вследствие чего, без учета факторов неопределенности задача выбора оптимального варианта производственной программы (т.е. варианта обеспечивающего максимальную прибыль) заканчивается на IV этапе.

На пятом этапе (Рисунок 2) при необходимости учета факторов неопределенности (работа не только по конкретным заказам, но и на открытый рынок с дилерами) осуществляется выбор вариантов производственной программы (ПП) ( $i=1, \dots, m$ ) по результатам исходов:  $j=1$  – пессимистичный;  $j=2$  – наиболее вероятный;  $j=3$  – оптимистичный.

В рамках данного подхода для каждого исхода по вариантам ПП, рассчитывается соответствующий показатель прибыли  $P_{\max}^i$ . Вместе они составляют матрицу  $\{P_i^j\} \quad i=1, \dots, m; j=1, 2, 3$  (Таблица 2).

После заполнения таблицы 2 отбор оптимального варианта ПП может быть произведён с применением известных критериев, предлагаемых для решения задачи выбора стратегий в условиях неопределённости: максиминного, критерия Сэвиджа, критерия оптимальности по Парето, принципа недостаточного основания. Данные критерии основаны на полном незнании истинного состояния природы в будущем.

Таблица 2.

Матрица возможных исходов по вариантам производственной программы

i \ j	1	2	3
1	$P_1^1$	$P_1^2$	$P_1^3$
2	$P_2^1$	$P_2^2$	$P_2^3$
...			
i	$P_i^1$	$P_i^2$	$P_i^3$
...			
m	$P_m^1$	$P_m^2$	$P_m^3$

На практике же принимающий решение, как правило, имеет некоторую информацию о нём. Основываясь на опрос экспертов группы предприятия и анализ их результатов, а также на субъективную вероятность, возможно на несколько вариантов производственной программы создать предварительное распределение вероятности, отличающееся от равномерного.

В этом случае простейшим критерием принятия решений по выбору оптимального варианта является максимизация математического ожидания прибыли:

$$Q_i = \max_{1 \leq i \leq m} Q_i = \max_{1 \leq i \leq m} M(P_i), \quad (9)$$

где  $M$  – оператор математического ожидания (м.о.);

$P_i$  – случайная величина прибыли, принимающая с некоторыми вероятностями одно из трех значений.

Недостатком целевого показателя  $Q_i, i = 1, \dots, m$  из (8) является то, что он не учитывает рассеяния  $P$ . В принципе практически достаточную информацию о случайных величинах и случайных процессах, необходимую для оценки экономических показателей, содержат моментные характеристики первого и второго порядков. С учетом данного обстоятельства для показателя  $Q$  можно предложить следующие выражения:

$$Q_i = \frac{M(P_i)}{\sigma(P_i)}; \quad i = 1, \dots, m, \quad (10)$$

и

$$Q_i = M(P_i) - k \cdot \sigma(P_i), \quad k \geq 0, i = 1, \dots, m, \quad (11)$$

где  $\sigma$  – оператор среднего квадратического отклонения (с.к.о.).

Правая часть в (10) представляет собой показатель, обратный коэффициенту вариации. Выражение (11) для целевого показателя  $Q_i$  является более гибким, так как с помощью коэффициента  $k$  можно регулировать участие в нем уровня вариативных изменений (через с.к.о.). Иными словами,  $k$  является параметром управления рисковой составляющей данного показателя: чем больше  $k$ , тем в большей степени при выборе оптимального варианта ПП учитывается риск и отдается предпочтение варианту с меньшим значением с.к.о.

Специфика указанных расчётов состоит в том, что в рамках какого-либо варианта ПП по каждому исходу исследуются действия организационно-экономического механизма реализации. А именно: закладываются потенциальные возможности повышения его адаптивности, например, путём создания резервов, другого рода избыточности и т.д. Одновременно в процессе предлагаемой методики реализуются соответствующие способы маневрирования в зависимости от изменений внешней и внутренней среды (как «отрицательных», так и «положительных»).

В целом надо заметить, что корректировка сценарных планов в процессе их реализации является характерной чертой реального технико-экономического планирования. Корректировка органически присуща выбору и планированию действий в условиях неопределённости. Важно стремиться принять такие сценарные планы, которые требовали бы минимальных общих затрат на их реализацию и максимизировали бы ожидаемый суммарный эффект от применения и адаптации плана.

На основе данных предприятия с электромашиностроительным типом производства выполнено согласование сценариев с формированием производственной программы в интегрированной информационной среде. Из проведенного анализа систем автоматизации производства следует, что на предприятии используются ERP-система «1С»: предприятие (Торговля+Склад) и MES-система «СПРУТ ОКП». Данные системы являются интегрированной средой для рассматриваемого предприятия. На основе сформированных отчетов в «СПРУТ ОКП» была получена информация о формировании производственной программы, для сценариев «среднего заказа», «срочного заказа»,

«введения нового изделия». Произведен расчет по вариантам производственных программ по результатам исходов  $j_i (i = 1, m)$  :

- $j_1$  – пессимистичный, общая рентабельность равна 10%;
- $j_2$  – наиболее вероятный, общая рентабельность равна 15%;
- $j_3$  – оптимистичный, общая рентабельность равна 20%.

Для каждого исхода варианта производственной программы (ПП) рассчитан соответствующий показатель  $P_{max}$ . Вместе они составляют матрицу

$$\{P_{max}^j\}_{i=1, \dots, m; \pi^j=1,2,3} \text{ (Таблицы 3,4).}$$

Таблица 3.

Матрица возможных исходов по вариантам ПП, тыс. руб.

$P_1$ \ $\pi^j$		0,3	0,5	0,2
1		13881,55	20813,98	27746,42
2		13957,99	20920,14	27882,28
3.1 $R_{н.п.} = 20\%$		10134,96	17191,23	24247,25
3.2 $R_{н.п.} = 10\%$		9773,72	16830,00	23886,05

Простейшим критерием принятия решений по выбору оптимального исхода вариантов сценария является максимизация математического ожидания прибыли ( $P$ ).

Рассчитаны значения математического ожидания и среднего квадратичного

отклонения (СКО) для вышеприведенных вариантов (где  $\pi^j$  - вероятность исходов:  $\pi^1 = 0,3; \pi^2 = 0,5; \pi^3 = 0,2$ ).

Таблица 4.

Значения математического ожидания и СКО, тыс. руб

Варианты сценариев	$M$	$\sigma$	$Q_i$
1	20120,8	5660	3,55
2	20223,9	5685	3,56
3.1 $R_{н.п.} = 20\%$	16485,6	5761	2,86
3.2 $R_{н.п.} = 10\%$	16124,3	5761	2,80

Из таблицы 4 видно, что интерес представляют 1-й и 2-й варианты. Определено граничное значение параметра  $k$  между ними:

$$k = \frac{20223,92 - 20120,74}{5685 - 5660} = 4,12 .$$

$$Q_1 = 20120,8 - 45660 = -2519,2 <$$

$$< Q_2 = 20223,8 - 45685 = -2516,2 .$$

Исходя из правила «3-х сигм» 2-й вариант представляется достаточно устойчивым к рискованной составляющей и превосходит 1-й по математическому ожиданию. Его и следует выбрать к реализации:

Таким образом, вариант производственной программы сценария изготовления продукции «срочного заказа» наиболее предпочтительный по прибыльности.

Результатом внедрения данной модели служит учет возникновения факторов неопределенности. Разработанная модель позволила выбрать наиболее эффективный вариант производственной программы, который обеспечил максимизацию прибыли в период нестабильного экономического состояния и снижение риска. В результате эффективный вариант составит 20223,8 тыс.руб., это подтверждает ожидаемый экономический эффект от внедрения разработанной методики сценарного подхода к планированию производственной деятельности электромашиностроительного предприятия, который составит 8% или 1617,9 тыс.руб. в 2017г. по сравнению с показателями за 2016г.

Вследствие чего, прогнозируемые значения по максимально возможной прибыли с 2017г. по 2025 г. равны математическому ожиданию от 20120,8 тыс.руб. до 20223,9 тыс.руб. в зависимости от корректировки сценарных планов в процессе их реализации, что является характерной чертой реального технико-экономического планирования производственной деятельности электромашиностроительного предприятия.

#### IV. ВЫВОДЫ

Сценарный подход применительно к планированию производственной деятельности представляет собой механизм вариантных плановых расчетов хозяйственной деятельности, проводимых с учетом внутренних и внешних факторов и условий, в том числе неопределенной природы, сопровождающих функционирование и развитие электромашиностроительного предприятия.

Разработанный механизм планирования в условиях позаказного производства с использованием формируемого множества сценариев в интегрированной информационной среде (MES, ERP-платформ), обеспечит итеративность решения задач планирования в режиме «реального времени» с учетом максимизации прибыли, а также функциональную взаимосвязь между факторами и показателями производственной деятельности.

Предложенный комплексный подход к планированию производственных и экономических показателей предприятия с использованием экономико-математического

моделирования цены производителя, позволит распределить косвенные затраты по видам продукции и провести калькулирование себестоимости по видам изделий, сформировать цены, в том числе на новую продукцию, с учетом использования ограничений на косвенные затраты и индивидуальной рентабельности изделий.

Доказана перспективность использования предложенной методики выбора варианта производственной программы, при воздействии факторов неопределенности, отвечающего критерию максимизации прибыли на предприятии с дискретным типом производства, это позволит определить эффективный вариант производственной программы, направленный на снижение затрат, рост рентабельности в зависимости от текущей ситуации на рынке.

Внедрение предложенной методики в практическую деятельность электромашиностроительных предприятий позволит рассчитать обобщающие экономические показатели, отражающие реальную взаимосвязь экономических, производственных и технических параметров в режиме «реального времени» в том же масштабе, в котором функционируют основные производственные процессы предприятия.

#### Литература (References)

- [1] *Federalnaya sluzhba gosudarstvennoy statistiki. Promyshlennoe proizvodstvo v yanvare – avguste 2017.* [Federal state statistics service. industrial production in January-August of 2017]. (In Russian). Available at: <http://www.gks.ru/bgd/free/B04.htm> (accessed 03.09.2017)
- [2] Lamben J.J., Chumppatis R., Shuling I. *Market-oriented management: Master of Business Administration textbook*, 2011. 718 p. (Russ. ed.: Malkova I.I., Kolchanova V.B. *Menedjment orientirovannyi na rynek*. Peter, 2017, 928 p.).
- [3] Meskon M.C., Albert M., Hedouri F. *Fundamentals of Management*. Trans. from English. M.: Case, 2004. 700 p. (Russ. ed.: Vil'yams I.D. *Osnovy Manedzhmenta*. Moscow, "Delo", 2016, 672 p.).
- [4] Yavdak M. Information support formation of operating planning in the context of enterprise decentralization management. *Genesis of Genius*. 2015, vol. 1, no. 2, pp.74-78.
- [5] Skvortsov I.B., Zahoretska O.Y., Zaverbna M.S. Upravlenie predpriyatiyami s uchetom faktora real'nogo vremeni [Managing enterprises with the account of the real time factor]. *EHkonomika*,

- predprinimatel'stvo, menedzhment - Economics, Entrepreneurship, Management*, 2014, no 1-2, pp. 35-40. (In Russian).
- [6] Furman J., Kuczynska-Chalada M. Management of the machinery in steel companies. *Trudy 25th Anniversary International Conference on «Metallurgy and Materials»*. Brno, Czech Republic, 2016, pp. 1782-1786.
- [7] Pattanayak S., Roy S. Synergizing Business Process Reengineering With Enterprise Resource Planning System In Capital Goods Industry. *Trudy XVIII Annual International Conference of the Society of Operations Management*, [Indian Institute of Technology, «Operations Management in Digital Economy», Procedural Social and Behavioral Sciences]. INDIA, Roorkee, 2015, vol. 189, pp. 471-487.
- [8] Baral H., Keenan R. J., Sharma S. K. Economic evaluation of ecosystem goods and services under different landscape management scenarios *Land use Policy*, 2014, vol. 39, no. 7, pp.54-64.
- [9] Saaty T., Kearns K. *Analytical Planning: The Organization of Systems*. Oxford: Pergamon Press. 1985, 224 p.
- [10] Zaroub V. Ya. Optimizaciya planov proizvodstva po ocenkam veroyatnosti budushchih zakazov [Optimization of production plans according to estimates of the probability of future orders]. *Marketing i upravlenie innovatsiyami - Marketing and management of innovations*, 2017, no. 2, pp.222-232. (In Russian).
- [11] Vipul J., Tiwari M.K. Evaluation of the supplier performance using an evolutionary fuzzy-based approach. *Manufacturing Technology Management*. 2004, vol. 15, no. 8, pp. 735-744.
- [12] Mercer D. Scenarios made easy. *Long Range Planning*. 2007, vol. 28, no. 4, pp. 81-86.
- [13] Arrfelt M., Wiseman R.M. Looking backward instead of forward: aspiration-driven influences on the efficiency of the capital allocation process. *Journal Academy of Management*. 2013, vol. 56, no. 4, pp. 1081-1103.
- [14] Khan D. *Planning and control: the concept of controlling*. Transl. from German. (Russ. ed.: Turchak A.A., Golovach L.G., Lukashevich M.L. *Planirovanie i kontrol': kontseptsiya kontrolinga*. Moscow: Finance and Statistics, 1997, 800 p.).
- [15] Lindgren M., Bandhold H. *Scenario planning. The link between future and strategy*. Palgrave Macmillan, 2003, 102 p. (Russ. ed.: Lindgren M., Bandkhhold Kh. *Stsenarnoye planirovaniye. Svyaz mezhdru budushchim i strategiyey*. Moscow: ZAO "Olympus-Business". 2009, 256 p.).
- [16] Ringland G. Scenario planning: managing for the future, Chichester: Wiley, 1998, 422 p. (Russ. Ed.: *Publishing House: Dialectics*, Moscow, 2007, 560 p.).
- [17] Meskon M.C., M. Albert and F. Hedouri, *Management Fundamentals*. Business, 1999. 800 p. (Russ. ed.: Meskon M., Albert M., Khedouri F. *Osnovy menedzhmenta*. Moscow, "Delo", 2006, 701 p.).
- [18] Koverha S. V. Modeli i metody prinyatiya reshenij v upravlenii sbalansirovannym razvitiem promyshlennyh predpriyatij [Models and methods of decision-making in the management of industrial enterprises' balanced development]. *Marketing i upravlenie innovatsiyami - Marketing and management of innovations*, 2016, no. 1, pp. 144-156. (In Russian).
- [19] Pawliczek A., Vilamova S. On the strategic planning, innovation activities and economic performance of industrial companies. *Acta Montanistica Slovaca*. 2015, vol. 20, no. 71 pp.16-25.
- [20] Klos S. A. Model of an ERP-Based Knowledge Management System for Engineer-to-Order Enterprises. 22nd International Conference on Information and Software Technologies [Communications in Computer and Information Science]. Druskininkai, Lithuania, 2016, vol. 639, pp. 42-52.
- [21] Tenhialae A., Helkio P. Performance effects of using an ERP system for manufacturing planning and control under dynamic market requirements. *Journal operations management*, 2015, no. 36 pp. 147-164.
- [22] Madanhire I., Mbohwa C. Enterprise resource planning (ERP) in improving operational efficiency: Case study [13th Global Conference on Sustainable Manufacturing - Decoupling Growth From Resource Use, *Procedia CIRP*]. Binh Dong New City, VIETNAM, 2016, no. 40, pp. 225-229.
- [23] Krylova E. V., Karpovich, A. I. Primenenie scenarnogo podhoda v planirovanii proizvodstvennoj programmy [Application of scenario approach in planning production programs]. *Sibirskaya finansovaya shkola - Siberian financial school*, 2014, no. 2, pp. 127-130. (In Russian).

**Сведения об авторах.**



**Крылова Елена Владимировна**, ассистент кафедры производственного менеджмента и экономики энергетики Новосибирского государственного технического университета, Российская Федерация, г. Новосибирск. Область научных интересов — планирование на предприятии, экономика и управление на предприятии электромашиностроения.  
E-mail: [Krylova@corp.nstu.ru](mailto:Krylova@corp.nstu.ru)