

УДК 658.5.011

## МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

© 2017 Д.Ю. Иванов, В.Г. Засканов

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

Статья поступила в редакцию 21.04.2017

На основе математических моделей разработан механизм формирования производственной программы промышленного предприятия в условиях нестабильного спроса на продукцию. Предложенный подход к управлению производственной программой позволяет обеспечить максимальную эффективность использования производственных мощностей в условиях нестабильности рынка.

*Ключевые слова:* механизм, модель, производственная программа, промышленное предприятие, производственные мощности, эффективность.

Производственная деятельность промышленных предприятий всегда связана с многочисленными рисками. В отдельных областях промышленности (машиностроение, авиастроение, металлургия и др.) решения по внедрению проектов развития производства обладают большой инертностью (от двух до пяти лет между принятием такого решения и моментом получения эффекта от него) [1].

Ошибки в прогнозе сценарных событий, которые положены в основу формирования производственной программы предприятия, в период стагнации рынка или его кризиса приводят к негативным последствиям, среди них можно выделить замораживание значительных финансовых ресурсов, связанные с невозможностью и нецелесообразностью финансирования начатых проектов, уменьшение эффективности уже завершенных проектов [2,6]. Привлечение дополнительных заемных финансовых средств для реализации начатых стратегических проектов в периоды спада может поставить предприятие в тяжелое финансовое положение.

Рассмотренные в работе [3,5] модели разработки стратегии развития производства не учитывают возможные сценария развития конъюнктуры рынка, прямо влияющей на развитие предприятия. Ситуация усложняется, если в течение прогнозного периода рынок может несколько раз менять свой тренд развития. Сложность также заключается в том, что большинство производственных организаций не в состоянии спрогнозировать изменения на весь прогнозный период и ограничиваются лишь информацией об оценке тренда, который наблюдается в момент принятия производственной программы развития [4].

*Иванов Дмитрий Юрьевич, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой организации производства. E-mail: ssau\_ivanov@mail.ru*

*Засканов Виктор Гаврилович, доктор технических наук, профессор кафедры организации производства.*

В связи с этим возникает задача формирования стратегии развития производства предприятия в условиях полной неопределенности спроса на его продукцию. Желательно иметь механизм формирования производственной программы в условиях нестабильности рынка для того, чтобы обеспечить максимальную эффективность использования производственных мощностей предприятия, а также возможный максимальный прирост стоимости компании.

Рассмотрим ситуацию, когда предприятие в начале каждого года формирует свой объем финансовых ресурсов, выделяемых на реализацию проектов развития производства на основе анализа тенденции развития конъюнктуры рынка и тенденции динамики спроса и цены на готовую продукцию.

Предположим, что динамика рынка в какой-то мере известна. В зависимости от различных вариантов изменения условий внешней среды предприятие формирует свою производственную программу. Рассмотрим некоторые из возможных сценариев.

Согласно первому сценарию на протяжении всего прогнозного периода у предприятия наблюдается рост потребления готовой продукции. К концу 2021 года планируется значительный прирост потребления по сравнению с 2016 г. Эффективная стратегия в этом случае заключается в том, что предприятие должно интенсивно наращивать объемы производства к 2021 г. для сохранения и увеличения доли рынка.

Второй сценарий предполагает, что на протяжении первой половины прогнозного периода будет наблюдаться рост потребления готовой продукции предприятия. Однако, к концу 2021 г. темп прироста будет снижаться и к 2021 г. потребление продукции уменьшится примерно на 10 % по сравнению с 2016 г. Рациональная стратегия развития производства для такого сценария – предприятие должно ускоренно нарастить объемы производства. После прохождения пика

предприятие должно быть готово к падению спроса. Для этого необходимо выбирать не только проекты по увеличению производственных мощностей, но и проекты, направленные на сокращение производственных издержек.

По третьему сценарию развития рынка на протяжении первых двух - трех лет прогнозного периода наблюдается незначительный рост спроса на готовую продукцию предприятия, а затем, к 2020 г. – снижение примерно на 22% по сравнению с 2016 г. Однако, ожидается, что к 2021 г. произойдет рост потребления на 10 % по сравнению с 2020г. Рациональная стратегия поведения для такого сценария – предприятие должно реализовывать проекты, направленные на снижение себестоимости производимой продукции.

На рис. 1 представлены сценарии динамики рынка для производственной организации.

Относительно того в каком направлении, представленных на рис. 1, будет функционировать предприятие в будущем, будет зависеть объем финансовых средств, направленных на реализацию проектов по развитию производства.

В связи с этим, разработаем метод, позволяющий исследовать влияние выбора производственной стратегии предприятия на ее финансовые показатели и эффективность вложенных средств с учетом влияния рынка в условиях его нестабильности.

Рассмотрим временной интервал равный  $T$  периодов (прогнозные периоды).  $NCF(t)$  – свободный денежный поток компании в период  $t$ , который равен чистой прибыли, полученной предприятием в этот период, за вычетом суммы вложенных средств в проекты развития производства, и определяется по формуле:

$$NCF(t) = (D(t) - S(t)) \cdot (1 - \gamma) - I(t),$$

где  $D(t)$  – спрос на продукцию в период  $t$ ;  $S(t)$  – предложение (производственные мощности) в период  $t$ ;  $\gamma$  – ставка налога на прибыль;  $I(t)$  –

вложенные денежные средства в проекты развития производства в период  $t$ .

Предположим, что предприятие формирует свою производственную программу в условиях изменения рынка и неопределенности относительно прогноза динамики спроса на готовую продукцию  $D(t)$ .

Предприятие может отслеживать в каждом периоде  $t$  только свои финансовые показатели (величину чистой прибыли, цену готовой продукции, объемы производства и продаж) и прогнозировать их изменение на следующие несколько периодов.

На основе этой информации в каждый период  $t$  предприятие принимает решение о реализации проектов развития производства.

Пусть, если  $D(t) - D(t-1) > 0$ , что говорит о повышении тренда на рынке, то часть накопленного к периоду  $t$  чистого денежного потока предприятия равной величине  $\alpha$ , будет направлена на вложение денежных средств в проекты развития производства –  $I^*(t)$ . Величина  $\alpha$  показывает производственную активность предприятия. Чем больше значение показателя  $\alpha$ , тем выше производственная активность. Таким образом:

$$I^*(t) = \alpha \sum_{t=1}^T NCF(t).$$

Совокупный объем денежных средств может быть направлен в проекты двух типов: проекты, направленные на увеличение объема производства и увеличение производственных мощностей (проекты первого типа), и проекты, направленные на снижение себестоимости продукции предприятия (проекты второго типа) в некотором соотношении  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  ( $\alpha_2 = 1 - \alpha_1$ ).

Показатели  $\alpha$ ,  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  являются параметрами модели формирования стратегии развития

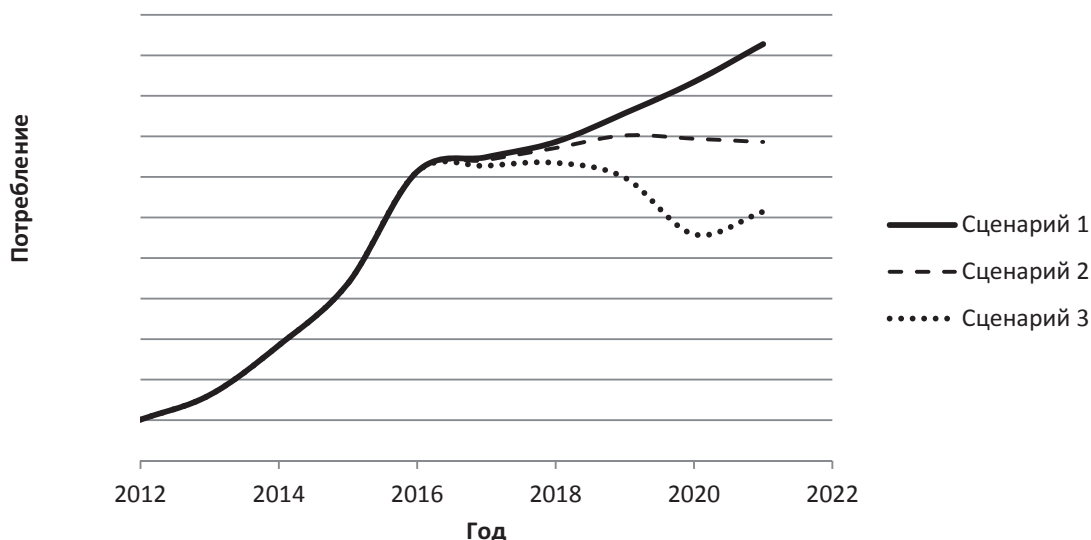


Рис. 1. Сценарии динамики рынка

предприятия, которые выбираются организацией в зависимости от прогноза динамики рынка.

Размер денежных вложений в проекты развития производства  $I(t)$  в период  $t$  устанавливается в результате анализа фактических данных и возможного прогноза динамики рынка, и не может превысить величину  $I^*(t)$ , которая зависит от варьируемого параметра производственной активности.  $I(t) = I_1(t) + I_2(t)$ , где  $I_1(t)$  и  $I_2(t)$  денежные вложения в проекты первого и второго типа соответственно.

Предприятие вкладывает денежные средства в проект первого типа в соответствии со следующим алгоритмом.

Если в период  $t$  на рынке наблюдается рост спроса на готовую продукцию, то предприятие свои денежные средства направляет на принятие проектов первого типа следующим образом:

$$I_1(t) = \alpha_1 I(t).$$

Если в период  $t$  на рынке наблюдается снижение спроса, то это показывает предприятию о появлении избыточных производственных мощностей и в связи с этим, доля денежных вложений в проекты первого типа должна уменьшаться.

Предположим, что существует временной период  $\tau_1$  между вложением денежных средств в проект первого типа и соответствующим приростом объемов производства  $-V(t)$ . Величина  $E_1(t)$  определяет прирост производственных мощностей на единицу денежных вложений. Тогда:

$$V(t) = E_1 I_1(t - \tau_1).$$

Таким образом, предложение предприятия определяется по следующей формуле:

$$S(t) = S(t - 1) + V(t).$$

Если на момент принятия производственной программы на рынке наблюдается нисходящий тренд готовой продукции, то предприятию целесообразнее вложить денежные средства в проекты, направленные на снижение себестоимости продукции. Себестоимость в период  $t$  определяется по формуле:

$$C(t) = C_0 - E_2(t) I_2(t - \tau_2).$$

где  $C_0$  – себестоимость готовой продукции на начало прогнозного периода;  $E_2$  – удельная эффективность денежных вложений в проекты снижения издержек;  $\tau_2$  – время между периодом вложения денежных средств и периодом соответствующего изменения себестоимости.

Предприятие вкладывает денежные средства в проекты второго типа в соответствии со следующим соотношением:

$$I_2(t) = I(t) (t - \alpha_1).$$

Таким образом, объем денежных средств, направленных в проекты по развитию производства, зависит от показателей производственной активности компании  $\alpha$  и  $\alpha_1$ .

Предположим, что  $NCF^*(t, \alpha, \alpha_1, \psi)$  – свободный денежный поток, рассчитываемый в моде-

ли, зависящий от значений параметров производственной стратегии  $\alpha$ ,  $\alpha_1$  и от определенного сценария  $\psi$ . Для каждого сценария  $\psi$  необходимо выбрать такие параметры производственной программы  $\alpha$  и  $\alpha_1$ , от которых вложения денежных средств достигают максимальный эффект.

Целевая функция максимизации денежных средств, вложенных в развитие производства в зависимости от параметров  $\alpha$  и  $\alpha_1$ , примет вид:

$$NCF^*(t) = [P(t) - C(t)]B(t)(1 - \gamma) - \alpha NCF(t - 1) \rightarrow \max,$$

где  $P(t)$  – цена готовой продукции в период  $t$ ;  $C(t)$  – себестоимость продукции в период  $t$ ;  $B(t)$  – объем продаж готовой продукции в период  $t$ ;  $\gamma$  – ставка налога на прибыль.

Распишем изменение себестоимости и объема продаж в зависимости от параметров модели производственной стратегии  $\alpha$  и  $\alpha_1$ , а также от объема денежных средств, направленных на проекты первого или второго типа соответственно.

$$C(t) = C(t - 1) - \alpha NCF(t - 1)(1 - \alpha_1)E_2;$$

$$B(t) = B(t - 1) + \alpha NCF(t - 1)\alpha_1 E_1.$$

Запишем целевую функцию с условиями изменения себестоимости готовой продукции и объемов продаж.

$$NCF^*(t) = [[P(t) - (C(t - 1) - \alpha NCF(t - 1)(1 - \alpha_1)E_2)](B(t - 1) + \alpha NCF(t - 1)\alpha_1 E_1)](1 - T) - \alpha NCF(t - 1) \rightarrow \max$$

где  $0 \leq \alpha \leq 1$ ;  $0 \leq \alpha_1 \leq 1$ .

Параметры  $\alpha$  и  $\alpha_1$  задаются в задаче заранее. И для каждого прогнозного года и каждого сценария рыночной конъюнктуры  $\psi$  определяются оптимальные параметры стратегии развития производства, максимизирующие целевую функцию. Задача сводится к задаче двухпараметрической оптимизации, в которой значения параметров  $\alpha$  и  $\alpha_1$  вычисляются на основе описанного ранее метода.

Далее приводится иллюстрированный пример применения описанной модели построения производственной стратегии в условиях нестабильности рынка.

Предположим, что в начальный момент времени ( $t=0$ ) спрос и предложение на рынке сбалансированы, т.е.  $D(0)=S(0) = 713\,236$  шт. в год. Равновесная рыночная цена  $P(0)$  на готовую продукцию предприятия равна 11 626 руб. С каждым годом цена будет возрастать на восемь процентов согласно уровню инфляции. Себестоимость готового продукта  $C(0)$  равна 8 138 руб.

В расчетах, приведенных далее, используются следующие параметры модели.  $E_1(t) = 0,098$ , т.е. при вложении 100 млн. руб. происходит прирост производственных мощностей предпри-

ятия на величину 9,8 тыс. шт.  $E_2(t) = 0,4$ , т.е. вложение денежных средств в размере 100 млн. руб. приводит к снижению себестоимости готовой продукции на величину 40 руб. Рассматривается временной период с 2016 года по 2021 год.

Согласно первому сценарию спрос на продукцию предприятия на протяжении всего прогнозного периода растет следующим образом: в первые два года темп прироста составляет пять процентов в год, следующие два года – девять процентов в год, и в конце 2021 г. темп прироста составит десять процентов в год.

В качестве базового варианта производственной стратегии принят вариант с параметрами  $\alpha = 0,2$  и  $\alpha_1 = 0,5$ . Это говорит о том, что предприятие выделяет для реализации проектов по развитию производства пятую часть свободных финансовых средств, которые в свою очередь делятся поровну между проектами первого и второго типа.

Общий объем вложенных средств без использования модели выбора производственной стратегии предприятия составляет 18 812 млн. руб. В результате применения модели принятия производственной программы получен оптимальный вариант производственной стратегии

предприятия с параметрами  $\alpha$  и  $\alpha_1$  (табл. 1). Эффективность вложенных денежных средств для этого варианта составляет 20 430 млн. руб. Эффективность вложенных денежных средств по параметру чистого дисконтированного дохода (NPV) при ставке дисконтирования 29,54 % составляет 8 654 млн. руб.

На рис. 2 представлена динамика роста объема производственных мощностей предприятия в результате реализации выбранной производственной стратегии для первого сценария.

Из рис. 2 видно, что реализация модели выбора производственной программы приведет к возможности увеличения объема производства продукции предприятия.

Согласно второму сценарию в период с 2017 по 2019 гг. спрос на готовую продукцию предприятия растет с темпом четыре процента в год. После 2019 г. спрос на продукцию падает и в конце 2021 г. темп прироста составит примерно десять процентов по сравнению с 2016 г.

Общий объем денежных вложений без использования модели выбора стратегии развития производства составляет 18 812 млн. руб. В результате применения описанной модели выбора производственной программы получен

Таблица 1. Результаты решения задачи

Период	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
<i>Сценарий 1</i>						
$\alpha$	0,20	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
$\alpha_1$	0,50	0,54	0,66	0,68	0,67	0,75
$\alpha_2$	0,50	0,46	0,34	0,32	0,33	0,25
<i>Сценарий 2</i>						
$\alpha$	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
$\alpha_1$	0,50	0,54	0,58	0,55	0,53	0,46
$\alpha_2$	0,50	0,46	0,42	0,45	0,47	0,54
<i>Сценарий 3</i>						
$\alpha$	0,20	0,10	0,10	0,10	0,10	0,20
$\alpha_1$	0,50	0,21	0,22	0,31	0,44	0,49
$\alpha_2$	0,50	0,79	0,78	0,69	0,56	0,51

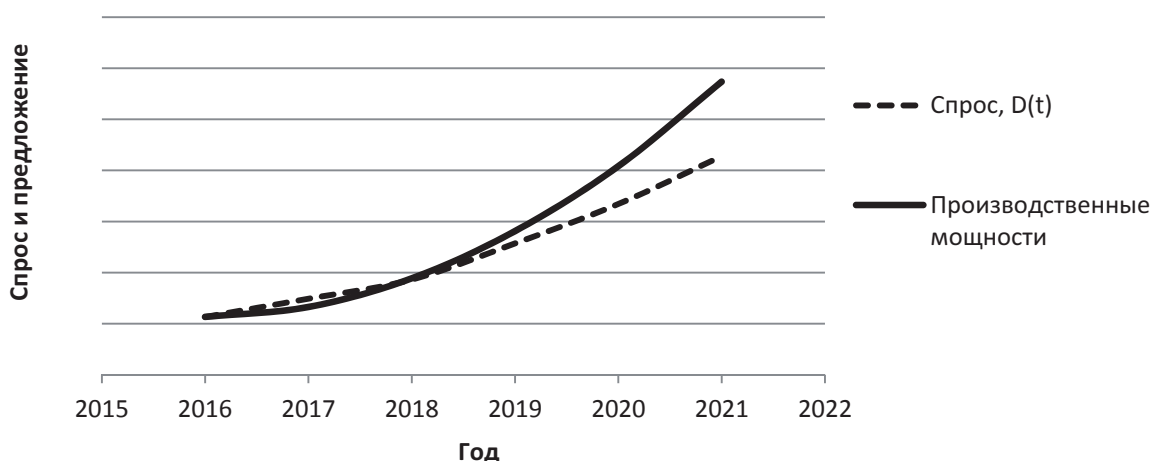


Рис. 2. Спрос - производственные мощности предприятия

оптимальный вариант стратегии по развитию производства с параметрами  $\alpha$  и  $\alpha_1$  (табл. 1). Эффективность вложенных средств по параметру NPV для этого варианта составляет 19 247 млн. руб. С учетом ставки дисконтирования эффективность денежных вложений по параметру NPV составит 8 446 млн. руб.

На рис. 3 представлена динамика роста производственных мощностей предприятия в результате реализации выбранной производственной стратегии для второго сценария.

В соответствии со вторым сценарием к 2019 г. на рынке образуется избыток производственных мощностей, в результате это может привести к снижению цены продукции и объема ее продаж. В этот период существенно снижается темп прироста прибыли. В результате применения стратегии развития производства предприятие к 2019 г. нарастит свои производственные мощности. Данный вариант производственной стратегии по сравнению с первым предусматривает значительное снижение производственной

активности и увеличение доли вложений в проекты как первого, так и второго типа.

Согласно третьему сценарию в период с 2017 по 2018 гг. наблюдается незначительный рост спроса на готовую продукцию предприятия. Однако, к 2020 г. спрос снижается на пять-двадцать процентов в год, а к 2021 г. темп прироста составит десять процентов по сравнению с 2020 г.

Общий объем денежных вложений без использования модели выбора стратегии развития производства составляет 17 096 млн. руб. В результате применения модели формирования производственной программы получен оптимальный вариант производственной стратегии с параметрами  $\alpha$  и  $\alpha_1$  (табл. 1). Эффективность вложенных средств по параметру NPV для этого варианта составляет 17 185 млн. руб. С учетом ставки дисконтирования эффективность денежных вложений по параметру NPV составит 7 915 млн. руб.

На рис. 4 представлена динамика изменения производственных мощностей предприятия в

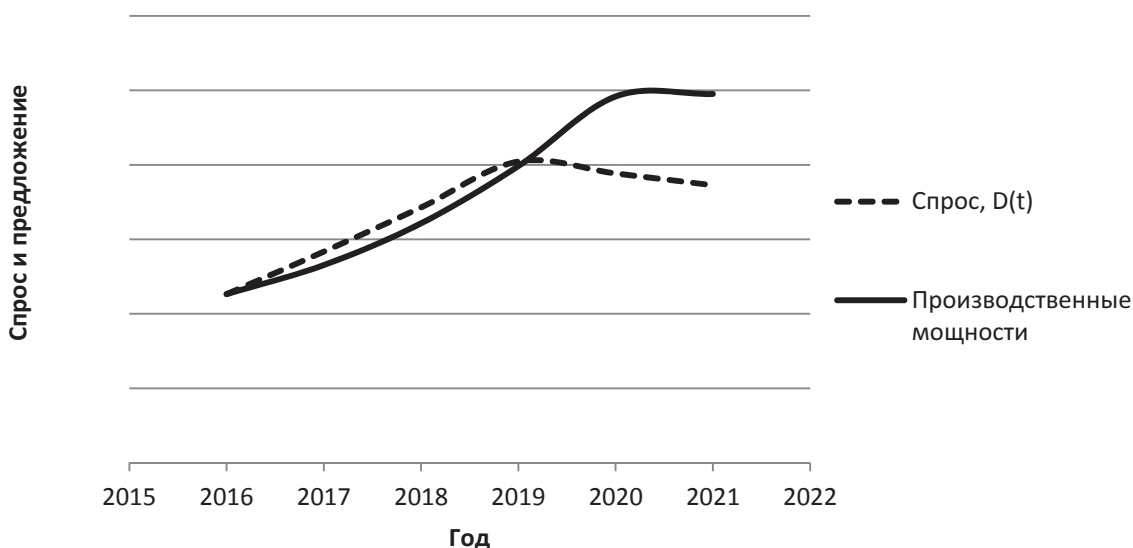


Рис. 3. Спрос – производственные мощности предприятия

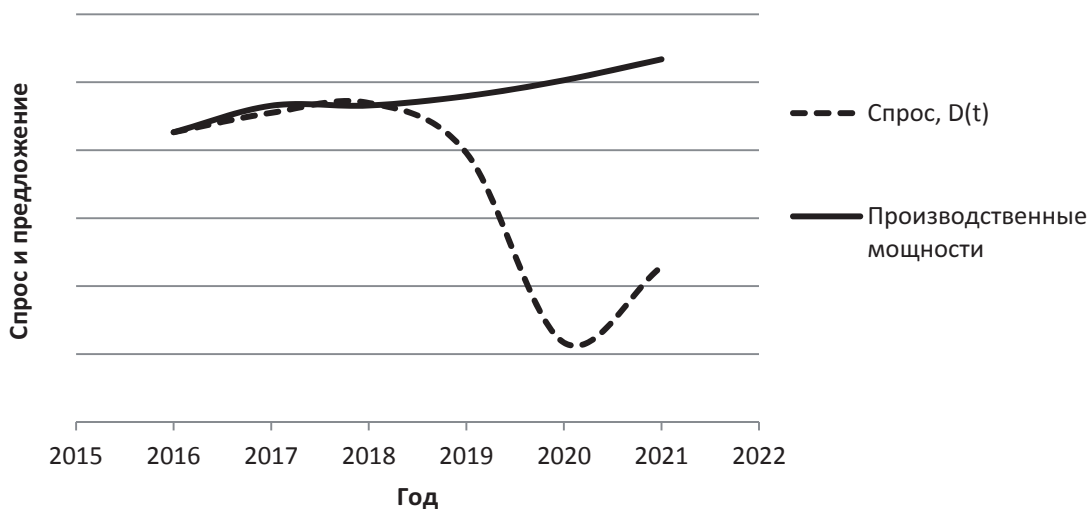


Рис. 4. Спрос – возможный объем предоставления страховой услуги

результате реализации выбранной стратегии развития производства для третьего сценария.

Из рис. 4 видно, что реализация модели выбора производственной стратегии приведет к возможности увеличения объема производства, несмотря на значительное снижение спроса. Полученная стратегия развития производства для третьего варианта предусматривает существенное снижение производственной активности компании (коэффициент  $\alpha$  меняет свои значения от десяти до двадцати процентов от чистой прибыли) и увеличение доли денежных вложений в проекты второго типа.

Таким образом, в результате решения задачи по выбору производственной стратегии предприятия в условиях нестабильности рынка найдены ее оптимальные параметры  $\alpha$  и  $\alpha_1$  (табл.1).

При возникновении на рынке высокой неопределенности, когда рассмотренные выше сценарии могут реализоваться с равной вероятностью, предприятию необходимо провести взвешенную политику в области наращивания производственных возможностей и активную политику в области снижения себестоимости готовой продукции. В данном случае задача оценки эффективности выбранной стратегии развития производства может быть исследована на основе применения, к примеру, метода теории статистических решений.

В результате использования описанного механизма могут быть предложены рекомендации по выбору производственной стратегии предприятия, которая учитывает взаимосвязь между

производственной активностью организации и динамикой внешнего рынка. Предложенный подход позволяет проводить анализ и строить оптимальные стратегии управления производством для различных вариантов развития рынка.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов Д.Ю. Машиностроительный комплекс России и перспективы его развития // Проблемы развития предприятий: теория и практика Материалы 13-й Международной научно-практической конференции. 2014. С. 3-6.
2. Засканов В.Г., Савин М.В., Попов П.М. Анализ процедур моделирования и описания процессов проектирования организации производства // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14. № 4-3. С. 887-890.
3. Засканов В.Г. Иванов Д.Ю. Внутрифирменные модели организации производства на предприятиях машиностроения (теория и практика). Самара: СНЦ РАН, 2016.
4. Иванов Д.Ю. Модель анализа и прогнозирования динамики промышленного производства и ракетно-космической отрасли Российской Федерации // Актуальные проблемы экономики и права. 2016. Т. 10. № 2 (38). С. 93-101.
5. Алистарова Н.В. Иванов Д.Ю. Оптимизация организационных процессов на транспортном предприятии // Экономические науки. 2014. № 119. С. 43-47.
6. Засканов В.Г. Павлов В.Г., Махитько В.П. Методы и алгоритмы для расчетов по определению трудоемкости летательных аппаратов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. № 4-1. С. 312-320.

#### MECHANISM FOR THE FORMATION OF THE INDUSTRIAL ENTERPRISE PRODUCTION PROGRAM

© 2017 D.Yu. Ivanov, V.G. Zaskanov

Samara National Research University named after Academician S.P. Korolyov

On the basis of mathematical models was developed a mechanism for the formation of a production program for an industrial enterprise in the conditions of unstable demand for products. The proposed approach to the management of the production program allows to ensure the maximum efficiency of using production capacities in the conditions of market instability.

*Keywords:* mechanism, model, production program, industrial enterprise, production capacities, efficiency.

*Dmitry Ivanov, Doctor of Economics, Professor, Head at the Industrial Organization Department.*

*E-mail: ssau\_ivanov@mail.ru*

*Viktor Zaskanov, Doctor of Technics, Professor at the Production Management Department.*