

УДК 519.876.5

ББК 65в6

ДИНАМИЧЕСКОЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИННОВАЦИОННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ ВЕНЧУРНОГО ФИНАНСИРОВАНИЯ

Гришин А. В.¹

*(Казанский Государственный технический университет
им. А.Н. Туполева, Казань)*

Строится дискретная математическая модель финансовых и материальных потоков предприятия на стадии производства и реализации инновационной продукции, учитывающая различные варианты финансирования – как по схеме лизинга, так и по схеме банковского кредита. Предлагаемая модель позволяет достаточно подробно учитывать процессы функционирования инновационного предприятия, включая материальные, финансовые и информационные потоки (даты завоза сырья и материалов, даты кредитных и лизинговых платежей, выплаты налогов и т. д.), и, по сравнению с имеющимися аналогичными моделями, дает возможность оценки влияния большого набора факторов на финансовый результат предприятия при различных вариантах венчурного финансирования.

Ключевые слова: динамическая модель, математическое моделирование, инновационное предприятие, лизинг, кредитование, банкротство, венчурное финансирование.

Введение

В последнее время в нашей стране, так же как и во всем мире, все большее внимание уделяется проблеме инновационного развития экономики. Государство начинает поворачиваться

¹ Андрей Владимирович Гришин, аспирант (тел.(903) 313-83-20, grik40@mail.ru).

лицом к ученым, инженерам, разрабатывающим новые технологии, новые виды продукции, и к предпринимателям, пытающимся коммерциализировать эти идеи и организовывать выпуск новой продукции. В связи с этим все больше открывается так называемых инновационных предприятий, т. е. малых предприятий, начинающих производить какую-либо новую продукцию. Однако инновационные предприятия сталкиваются с проблемой первоначального финансирования ввиду высокой степени риска данного вида бизнеса.

В данной работе рассматривается моделирование предприятия, открытого для производства инновационной продукции в соответствии с конкретным инновационным проектом [3, 4]. Производство на предприятии основано на инновациях, и результатом деятельности предприятия является выпуск и реализация нового вида товара.

Развитие инновационного проекта обычно требует серьезных первоначальных вложений. Для решения этой проблемы используются венчурные инвестиции, а также заемные средства, банковские кредиты и пр. Инвесторы идут на финансирование инновационного проекта, несмотря на высокие риски, предполагая в дальнейшем получение достаточно высоких доходов. Однако банки для снижения рисков устанавливают высокие процентные ставки либо требуют дополнительные гарантии, такие как поручительство, залог и т.п.

В данной работе в качестве альтернативного варианта финансирования инновационного проекта также рассматривается финансовая аренда или лизинг [1]. Лизинг, как аренда с правом выкупа, позволяет предприятию воспользоваться заемными средствами для приобретения объектов недвижимости, оборудования и автотранспорта. Лизинговая компания покупает для предприятия объект лизинга и передает его предприятию, за что получает лизинговые платежи.

В связи с тем, что лизинг позволяет получить лишь определенное оборудование, недвижимость и транспорт, предприниматель всё равно вынужден использовать кредит для пополнения своих оборотных средств. Для оценки влияния внешних факторов и внутренних параметров на процесс выполнения и

общую эффективность инновационного проекта, а также для выбора наиболее эффективного варианта финансирования проекта, необходимо моделировать процессы функционирования инновационного предприятия во взаимодействии с лизинговыми и кредитными организациями.

Сегодня на российском рынке существует около десятка как отечественных, так и зарубежных компьютерных программ для расчета и сравнительного анализа инвестиционных и инновационных проектов: *Project Expert*, Аналитик, Альт-Инвест, *COMFAR* и др. Но все они обладают определенными недостатками, не позволяющими произвести оценку влияния большого числа внешних факторов и внутренних параметров на финансовый результат инновационного проекта при минимальной длительности интервалов планирования. Так, например, минимальный шаг расчета в *Project Expert*, Аналитик и *COMFAR* составляет 1 месяц, в течение которого может произойти множество событий, влекущих различные риски; модель налоговой системы, заложенная в *COMFAR*, не соответствует российскому законодательству; в *Project Expert* и Альт-Инвест отсутствуют материальные потоки.

Предлагаемая математическая модель может лечь в основу разработки новых систем, лишенных этих недостатков.

1. Математическая модель динамики инновационного предприятия

В работе [2] автором предложена структурная модель функционирования предприятия и его взаимодействия с лизинговой и кредитной организациями в нотации *IDEFO* (см. рис. 1). Здесь блоки соответствуют выполняемым процессам, а стрелки, соответственно, входам, выходам, механизмам и управлению. Чтобы не загромождать рисунок, обозначения стрелок не приводятся. Описание наиболее значимых из них приведено ниже в математической модели.

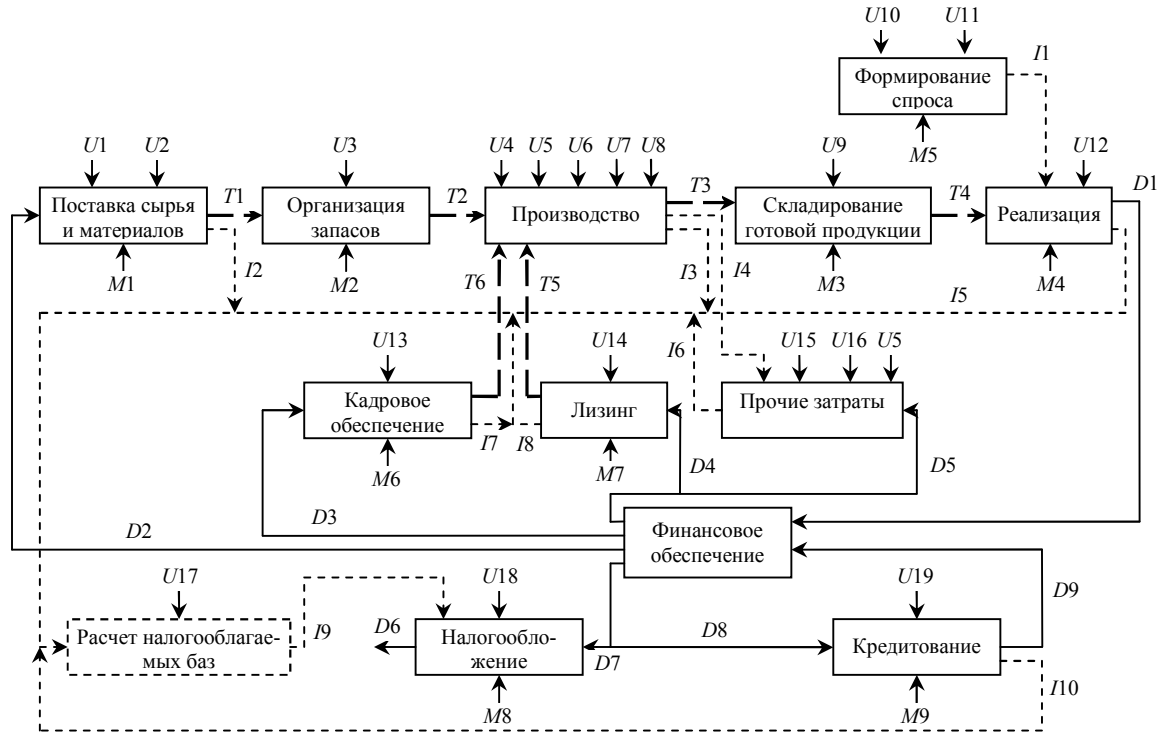


Рис. 1. Модель предприятия в нотации IDEF0

В данной статье на основе этой структурной модели строится дискретная динамическая математическая модель функционирования инновационного предприятия. Кратко функционирование предприятия описывается следующим образом:

- в зависимости от величины спроса на продукцию и объема продукции на складе реализуется готовая продукция, от которой денежные средства поступают на расчетный счет предприятия;
- на склад готовая продукция поступает из производства, где в зависимости от мощности производства и программы выпуска продукции производится определенный объем продукции;
- для производства продукции требуются сырье и материалы, которые поступают со склада в объемах, необходимых для производства заданного объема продукции;
- сырье и материалы на склад поставляются поставщиками, оплата которым производится с расчетного счета;
- в процессе производства и реализации продукции у предприятия возникают различные дополнительные расходы (заработная плата, кредитные и лизинговые платежи, налоговые платежи, прочие расходы и т.п.), которые оплачиваются с расчетного счета предприятия.

При построении математической модели приняты следующие допущения:

1. Строится дискретная модель с постоянным периодом дискретности по времени, в качестве которого могут быть приняты, например, сутки, неделя, месяц, квартал, год и т.д.

2. Задержки при переводе денежных средств между получателем и отправителем отсутствуют, т.е. безналичный расчет происходит моментально.

3. Время, необходимое на получение кредита в банке или кредитном учреждении и на получение оборудования по схеме лизинга не учитывается.

4. В качестве метода организации запасов предприятия принимается следующий: при достижении определенного минимума отдельным видом запаса происходит его закупка в определенном объеме денежных средств.

5. Спрос и цена инновационной продукции считаются заданными функциями времени.

6. Учитываются три вида налогов: налог на прибыль, налог на имущество и единый социальный налог. При этом принимаются следующие методики расчета налогооблагаемых баз для этих видов налога:

– для налога на прибыль налогооблагаемой базой служат доходы за вычетом расходов за налогооблагаемый период;

– для налога на имущество – среднее значение остаточной стоимости основных средств за последние два периода дискретности;

– для единого социального налога – фонд оплаты труда за налогооблагаемый период.

В случае образования отрицательной налогооблагаемой базы к моменту оплаты налога принимается, что налоговые органы возмещают предприятию соответствующую рассчитанную величину налога.

7. Предполагается небольшой цикл производства, поэтому сумма налога на добавленную стоимость (НДС) и сумма налоговых вычетов по НДС рассчитываются в рамках одного налогового периода, по этой причине все потоки в модели строятся без учета налога на добавленную стоимость.

8. Другие виды налогов не учитываются по причинам своей незначительности либо в связи с косвенным присутствием в других моделируемых потоках (например, налог на доходы физических лиц, уплачиваемый с заработной платы содержится в фонде оплаты труда).

9. Применяется линейный метод начисления амортизации.

10. Налоговые льготы и санкции не учитываются в денежных потоках по причине своей незначительности.

В целом математическая модель представляет собой рекуррентные соотношения, позволяющие по заданным начальному состоянию и управляющим и возмущающим воздействиям определять состояние предприятия в любой последующий момент времени. Для вычисления некоторых величин разработаны алгоритмы, выполняемые в ходе моделирования деятель-

ности предприятия. Это алгоритмы функционирования процесса организации запасов Φ^z , вычисления потребности процесса производства в сырье Φ , вычисления единого социального налога $\Phi^{\text{сн}}$, налога на имущество $\Phi^{\text{им}}$ и налога на прибыль $\Phi^{\text{нп}}$. В данной статье для краткости изложения эти алгоритмы подробно не приводятся. Результатом выполнения этих алгоритмов на каждом шаге моделирования являются кортежи соответствующих величин.

Экономико-математическая модель функционирования предприятия имеет следующий вид:

$$\begin{aligned}
 (P_{j_i}, \text{ind}_{j_i}) &= \Phi^z(j, \alpha_{j_i}, P_{j_i}^n, z_{j_i}^{\min}, z_{j_{i-1}}, \text{ind}_{j_{i-1}}); \\
 P_{j_i}^{\text{ввых}} &= \sum_{m=1}^{i-1} k P_{j_m}^c / P_{j_m}^c, k = \begin{cases} 1, \text{если } _m + \alpha_{j_m} = i, \\ 0, \text{если } _m + \alpha_{j_m} \neq i; \end{cases} \\
 x_{j_i} &= \Phi(\bar{j}, x_{p_i}, v_i, \bar{x}_j^k, \overline{P_{j_i}^{\text{ввых}}}, z_{j_{i-1}}, G_{i-1}, G_i^{\max}), \\
 x_{\text{ввых}_i} &= \sum_{m=1}^{i-1} k x_{1_m}^k / x_{1_m}^k, k = \begin{cases} 1, \text{если } _m + c_m = i, \\ 0, \text{если } _m + c_m \neq i; \end{cases} \\
 z_{j_i} &= z_{j_{i-1}} + P_{j_i}^{\text{ввых}} - x_{j_i}; \\
 S_{\text{вх}_i} &= \min(S_{s_i}, G_{i-1} + x_{\text{ввых}_i}); \\
 S_{\text{ввых}_i} &= \sum_{m=1}^{i-1} k S_{\text{вх}_m} S_{c_m}, k = \begin{cases} 1, \text{если } _m + \beta_m = i, \\ 0, \text{если } _m + \beta_m \neq i; \end{cases} \\
 G_i &= G_{i-1} + x_{\text{ввых}_i} - S_{\text{вх}_i}; \\
 D_{\text{пр}_i} &= D_{\text{пер}_i}^k x_{\text{ввых}_i} + D_{\text{пт}_i}^k x_{p_i}; \\
 C_i &= C_{i-1} - D_{\text{ам}_{i-1}}^k * C_{i-1}; \\
 (B_{\text{сн}_i}, Z_i) &= \Phi^{\text{сн}}(Z_{\text{вх}_i}, Z_{i-1}, p^{\text{сн}}); \\
 (H_i^{\text{нм}}, H_i^{\text{нп}}) &= \Phi^{\text{нм}}(H_{i-1}^{\text{нп}}, C_{i-1}, C_i, N_i^{\text{нм}}, p^{\text{нм}}, r); \\
 (B_{\text{нп}_i}, D_i, R_i) &= \Phi^{\text{нп}}(S_{\text{ввых}_i}, K_{\text{вх}_i}^{\text{нп}}, Z_{\text{вх}_i}, L_{\text{вх}_i}, D_{\text{пр}_i}, \overline{P_{j_i}}, \overline{j}, \\
 D_{i-1}, R_{i-1}, D_{\text{ам}_{i-1}}^k, C_{i-1}, p^{\text{нп}});
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{\text{вх}_i} &= N_i^{\text{есн}} B_{\text{есн}_i} + H_i^{\text{им}} + N_i^{\text{нп}} B_{\text{нп}_i}; \\
 F_i &= F_{i-1} + S_{\text{вых}_i} + K_{\text{вых}_i} - K_{\text{вх}_i}^{\text{пц}} - K_{\text{вх}_i}^{\text{тело}} - H_{\text{вх}_i} - Z_{\text{вх}_i} - \\
 &- L_{\text{вх}_i} - D_{\text{пр}_i} - \sum_{j=1}^m P_j.
 \end{aligned}$$

В представленной модели используются следующие величины:

i – номер шага дискретности;

j – номер вида сырья;

P_j^c – цена j -го вида сырья, руб.;

α_j – задержка поставки j -го вида сырья, кол-во шагов дискретности;

z_j^{\min} – минимальный уровень j -го вида сырья на конец периода, при достижении которого происходит закупка j -го вида сырья, ед.;

P_j^n – норма объема денежных средств, направляемых на закупку j -го вида сырья, руб.;

x_j^k – количество j -го вида сырья, требуемого для изготовления единицы готовой продукции, ед.;

x_p – мощность производства готовой продукции, ед. за шаг дискретности;

c – цикл производства, кол-во шагов дискретности;

v – программа выпуска, ед.;

$D_{\text{ам}}^k$ – нормы амортизации;

G^{max} – вместимость склада готовой продукции, ед.;

S_c – цена реализации за ед. готовой продукции, руб.;

β – задержка покупателей в оплате за готовую продукцию, кол-во шагов дискретности;

$D_{\text{пт}}^k$ – норма постоянных затрат на единицу мощности, руб.;

$D_{\text{пер}}^k$ – норма переменных затрат на единицу готовой продукции, руб.;

$N^{\text{есн}}$ – величина налоговой ставки по ЕСН, %;

$N^{\text{им}}$ – величина налоговой ставки по налогу на имущество, %;

$N^{\text{нп}}$ – величина налоговой ставки по налогу на прибыль, %;

$B_{\text{есн}}$ – величина налогооблагаемой базы по ЕСН, руб.;

- $B_{\text{нп}}$ – величина налогооблагаемой базы по налогу на прибыль, руб.;
- $p^{\text{есн}}$ – периодичность оплаты ЕСН, кол-во шагов дискретности;
- $p^{\text{им}}$ – периодичность оплаты налога на имущество, кол-во шагов дискретности;
- $p^{\text{нп}}$ – периодичность оплаты налога на прибыль, кол-во шагов дискретности;
- C – объем собственных основных средств, руб.;
- $P_j^{\text{всх}}$ – объем j -го вида сырья, поставляемого поставщиком на склад сырья и материалов, ед.;
- x_j – объем j -го вида сырья, направляемого со склада сырья и материалов в производство, ед.;
- $x_{\text{всх}}$ – объем произведенной готовой продукции, направляемый на склад готовой продукции, ед.;
- $S_{\text{вх}}$ – объем продукции, поступающей на реализацию, ед.;
- $S_{\text{всх}}$ – доход от реализации продукции, руб.;
- $Z_{\text{вх}}$ – фонд оплаты труда, руб.;
- $L_{\text{вх}}$ – размер лизинговых платежей, руб.;
- $D_{\text{пр}}$ – объем прочих затрат, руб.;
- P_j – объем денежных средств, направляемых на закупку j -го вида сырья, руб.;
- $H_{\text{вх}}$ – размер налоговых платежей, руб.;
- $K_{\text{вх}}^{\text{тело}}$ – размер кредитных платежей в погашение тела кредита, руб.;
- $K_{\text{вх}}^{\text{пш}}$ – размер кредитных платежей в погашение процентов по кредиту, руб.;
- $K_{\text{всх}}$ – размер полученных кредитов от банка или иного кредитного учреждения, руб.;
- G – остаток готовой продукции на конец периода, ед.;
- F – остаток денежных средств на конец периода, руб.;
- z_j – остаток j -го вида сырья на конец периода, ед.;
- ind_j – индикатор заказа j -го сырья;
- Z – накапливаемая налогооблагаемая база ЕСН, руб.;
- D – объем накапливаемых доходов, руб.;
- R – объем накапливаемых расходов, руб.;
- $H^{\text{нп}}$ – накапливаемый объем налога на имущество, руб.;

H^{IM} – налог на имущество к оплате, руб.;

r – число дней в единице периода;

S_s – спрос на продукцию в единицу периода, ед.

Приведенная совокупность уравнений, представляющая собой дискретную математическую модель работы предприятия по производству и реализации инновационного продукта с возможностью привлечения заемных средств по схеме лизинга и банковского кредита, реализована на алгоритмическом языке *VBA* и проведен ряд расчетов, показывающих работоспособность предложенной модели.

2. Пример моделирования инновационного предприятия

Рассматривается пример, в котором предприятие планирует заняться производством и реализацией некоторого вида инновационной продукции. Период прогнозирования составляет 4 года с периодом дискретности 1 неделя. Для организации производства необходимо приобрести оборудование стоимостью 2 000 000 рублей. Рассматриваются два возможных варианта приобретения этого оборудования: за счет банковского кредита сроком 3 года с равномерной оплатой тела кредита и по схеме лизинга на срок 3 года с убывающими платежами.

Одним из важнейших факторов, определяющих успешность функционирования инновационного предприятия, является величина спроса, которая обладает большой степенью неопределенности для инновационной продукции. Поэтому представляет интерес оценить допустимые значения спроса на готовую продукцию, при которых предприятие будет находиться в безубыточном состоянии и предприятие в состоянии полностью погасить лизинговые и кредитные платежи, а также период, по истечении которого предприятие при заданном спросе становится банкротом. Эта оценка проводится по состоянию расчетного счета предприятия. Так, банкротство предприятия наступает, когда денежные средства на расчетном счете становятся отрицательными.

Результаты расчетов, отражающих состояние расчетного счета в зависимости от величины спроса на продукцию, приведены в таблицах 1 и 2. Графики динамики денежных средств на расчетном счете предприятия при различных значениях спроса приведены на рис. 2 и 3.

Таблица 1. Средства на расчетном счете при финансировании по схеме кредитования, тыс.руб.

Спрос\период ед. мес.	0	6	12	18	24	30	36	42	48
500	3000	2552	2581	2608	2675	2752	2854	3304	3782
450	3000	2404	2264	2122	2022	2099	2060	2484	2810
350	3000	2034	1787	1564	1240	1067	750	978	1152
275	3000	1928	1534	1039	681	209	-85	-199	-143
200	3000	1821	1155	599	109	-524	-963	-1181	-1439

Таблица 2. Средства на расчетном счете при финансировании по схеме лизинга, тыс.руб.

Спрос\период ед. мес.	0	6	12	18	24	30	36	42	48
500	2400	2050	2190	2328	2503	2687	2894	3334	3799
450	2400	1902	1872	1841	1849	2034	2100	2514	2827
350	2400	1532	1396	1283	1067	1001	790	1007	1169
275	2400	1426	1142	759	508	143	-45	-170	-126
200	2400	1319	764	318	-62	-589	-923	-1152	-1422

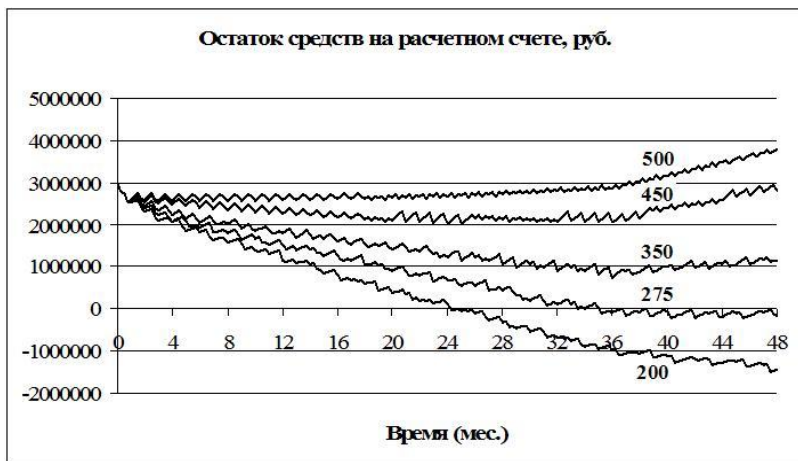


Рис. 2. Использование кредитования

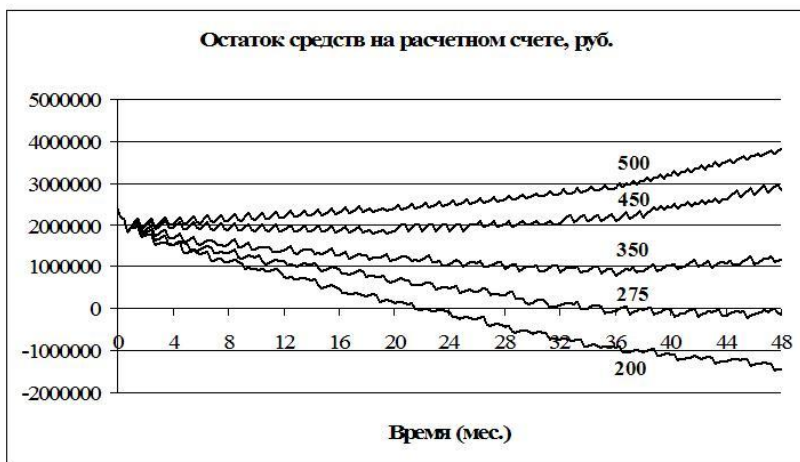


Рис. 3. Использование лизинга

Расчеты показывают, что значения спроса, при котором предприятие по истечении трех лет обанкротится, при финансировании по схеме кредита и лизинга, совпадают и равны примерно 275 единицам в неделю, несмотря на различные первона-

чальные условия этих схем финансирования – при кредите объем начальных средств равен 3 млн. руб., при лизинге – 2,4 млн. руб., что связано с необходимостью оплаты аванса при финансировании по схеме лизинга. При этом значения спроса, при котором предприятие находится в безубыточном состоянии, для этих схем финансирования различается: при финансировании по схеме лизинга более низкое значение безубыточного спроса (около 450 ед. в неделю), нежели при финансировании по схеме кредитования (480–490 ед. в неделю).

Из графиков видно, что при кредитовании средства на расчетном счете расходуются в большем объеме, чем при лизинге (графики носят более крутой характер), но при этом следует отметить тот факт, что при низком значении спроса, в частности 200 ед. в неделю, предприятие быстрее обанкротится при финансировании именно по схеме лизинга (в течение 22–23 мес.), чем по схеме кредитования (в течение 24–25 мес.).

Таким образом, риск банкротства предприятия в течение определенного периода времени связан с возможностью того, что спрос примет те или иные неблагоприятные для предприятия значения. Приведенные расчеты показывают, что предлагаемая в данной работе динамическая математическая модель позволяет исследовать последствия изменения спроса, а также других факторов, на деятельность инновационного предприятия при разных схемах финансирования.

3. Выводы

Предложенная в данной работе динамическая экономико-математическая модель функционирования инновационного предприятия позволяет прогнозировать деятельность предприятия во взаимодействии с лизинговыми и кредитными организациями, исследовать различные варианты финансирования, выбирать наиболее приемлемые параметры, в том числе объемы лизинга и кредитования, ставки лизинговых отчислений и кредитов. Модель позволяет рассчитывать различные сценарии взаимодействия предприятия и лизинговой организации и банка,

в том числе и в условиях кризиса, что дает возможность ее использования для оценки влияния различных негативных факторов на работу предприятия.

Литература

1. ГОРЕМЫКИН В.А. Лизинг. – М.: Филинь, 2006. – 944 с.
2. ГРИШИН А.В. *Экономико-математическая модель динамики функционирования инновационного предприятия* // Сборник трудов VI Всероссийской школы-семинара молодых ученых «Управление большими системами». Том 2. – Ижевск: ООО Информационно-издательский центр «Бон Анца», 2009. – С. 134–140.
3. Проблемы инновационной экономики и инфокоммуникационных технологий // Под научным руководством и редакцией Сиразетдинова Т.К. – Москва-Казань: Изд-во Института проблем риска, 2005. – 412 с.
4. СИРАЗЕТДИНОВ Т.К., РОДИОНОВ В.В., СИРАЗЕТДИНОВ Р.Т. Динамическое моделирование экономики региона – Казань: Изд-во «Фэн» Академии наук РТ, 2005. – 320 с.

DYNAMIC MATHEMATICAL MODELLING OF INNOVATIVE ENTERPRISE IN CONDITIONS OF VENTURE FINANCING

Andrej Grishin, Kazan State Technical University names after A.N.Tupolev, Kazan, graduate student (grik40@mail.ru, (903)313-83-20).

We construct a discrete mathematical model of financial and material flows of the company at the stage of production and marketing of innovative products, taking into account various financing options that include leasing and bank credit. The proposed model allows to take into account the processes of functioning of innovative enterprises in sufficient detail, including material, financial, and informa-

tion flows (the date of raw materials shipment, the date of credit and leasing payments, taxes, etc.), and, compared to similar existing models, allows estimating the impact of a wide range of factors on the financial results of the enterprise under different venture financing options.

Keywords: dynamic model, mathematical modelling, innovative enterprise, leasing, crediting, bankruptcy, venture financing.

*Статья представлена к публикации
членом редакционной коллегии В. В. Клочковым*