

УДК 338.45

И.В. Ершова, д-р экон. наук, профессор,  
А.Е. Гамберг, аспирант,<sup>1</sup>  
г. Екатеринбург, Россия

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ МАЛОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СФЕРЫ НА ОСНОВЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ЭНТРОПИИ ПОРТФЕЛЯ ПРОЕКТОВ

В данной статье рассмотрены вопросы управления деятельностью предприятия научно-технической направленности и некоторые аспекты формирования его стратегии. Представлен метод прогнозирования развития предприятий научно-технической сферы на ранних стадиях жизненного цикла, таких как «зарождение» и «рост». Целью исследования, результаты которого представлены в данной статье, является доказательство гипотезы о том, что формирование стратегии развития предприятия научно-технической сферы может быть основано на предсказании возникновения точек перехода от одного этапа жизненного цикла предприятия, к другому – точек «бифуркации». В рамках данного исследования был проведен анализ классических подходов к разработке стратегии предприятия, в том числе современной литературы по вопросам управления жизненным циклом предприятия. Исходя из результатов анализа, был предложен подход к прогнозированию точек перехода этапов жизненного цикла предприятия, основанный на вероятностной оценке коммерциализуемости проектов, их технической проработки, а также степени неупорядоченности совокупности проектов, составляющих портфель предприятия. В статье предлагается оценивать степень структурированности портфеля проектов как вероятностного объекта, обладающего информационной энтропией, достижение которой критических величин, является критерием прогнозирования перехода предприятия к новому этапу жизненного цикла. Выдвинутая в статье гипотеза подтверждается расчетами, корреляционным анализом и сопоставлением уровня показателей эффективности деятельности предприятия с уровнем энтропии портфеля проектов в динамике. Расчет производился по выборке, в которую вошли научно-технические предприятия проектной направленности уральского и сибирского автономных округов. В результате исследования, выявлена обратная зависимость между уровнем доходов предприятий научно-технической сферы на ранних этапах развития и уровнем энтропии портфеля проектов. Предложены типовые стратегические решения по управлению портфелем проектов на основе прогноза. Результаты исследования могут быть применены в стратегическом менеджменте организаций.

**Ключевые слова:** инновационный продукт; инновационная продукция; инновационное предприятие; научные исследования; энтропия; прогноз; портфель проектов; бифуркация; жизненный цикл; стратегия.

### 1. Актуальность темы исследования

Курс на модернизацию российской экономики предполагает поддержку инновационной деятельности. Одним из источников получения инновационной «подпитки» в настоящий момент рассматриваются малые предприятия научно технической сферы. Для регулирования их деятельности в 2009 г. был принят закон 217-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ по вопросам создания

бюджетными научными и образовательными учреждениями хозяйственных обществ в целях практического применения (внедрения) результатов интеллектуальной деятельности».

<sup>1</sup> Ершова Ирина Вадимовна – доктор экономических наук, профессор кафедры организации машиностроительного производства Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия (620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19); e-mail: eiv.eopm@el.ru.

Появление законодательной базы стимулировало развитие отношений «наука – бизнес», что выразилось в открытии большого числа предприятий научно-технической сферы, часть уставного капитала которых была сформирована интеллектуальной собственностью принадлежащей государству. Очевидным является тот факт, что большая часть предприятий на начальном этапе открывались формально, для отчетности научных и образовательных учреждений, в основном благодаря тому, что учредители из числа физических лиц не имели возможности получать поддержку для развития бизнеса. В настоящий момент все большее число предприятий успешно пользуются возможностями, предложенными для данных субъектов бизнеса государством, фактически данные предприятия в перспективе становятся движущей силой отечественного рынка научно-технической продукции, так как являют собой первый этап развития промышленных предприятий. Однако количество фирм, осуществляющих внедрение научно-технических проектов и осуществивших трансферт технологий в массовое производство продукции, пока ничтожно мало.

Очевидно, что в процессе перехода от командного к открытому типу экономики в России развитие данного рынка происходило хаотически. Так, начиная с 1991 по 1995 г. на рынке появилось около 90 тыс. вновь открытых предприятий реализующих научно-технические проекты. Прежде всего такая популярность этого направления бизнеса обусловлена тем, что появилась возможность коммерциализовывать на отечественном и зарубежном рынках интеллек-

туальные разработки, возникшие в рамках академической науки. Однако сложность преодоления рыночных барьеров, связанных с большим количеством импорта, и низкая организованность самих рыночных отношений стали причиной отрицательной динамики возникновения подобных предприятий в дальнейшем, что было описано в исследовании А.В. Луговцова и А.Е. Гамберга [1]. Так, к 2000 г. их количество едва превышало 40 тыс., а к 2004 г. – 25 тыс. [2].

Согласно официальной статистике, меньше половины стартовавших малых предприятий научно-технической сферы выживают в пятилетний период, при этом средний срок жизни предприятия составляет 2–3 года в зависимости от специфики бизнеса и рыночных условий [3]. Данная статистика наглядно отражает тот факт, что первый этап развития научно-технических предприятий является критическим для условий отечественной экономики.

Тому факту, что лишь малая часть предприятий преодолевает его, предшествует ряд причин. Основными из них являются отсутствие у руководства и собственников предприятий четкого стратегического плана развития предприятия, что связано со спецификой продукции и отсутствием методических подходов к разработке стратегии специфического объекта – малых предприятий научно-технической сферы, а также непроведение руководством предприятий осознанной политики по развитию бизнеса в связи с низкой заинтересованностью в финансовых результатах от ведения бизнеса.

Согласно вышеперечисленному, основной проблемой развития данного сектора экономики можно выделить низкую стратегическую ориентированность компаний научно-технической сферы, особенно на ранних этапах развития. Руководству компаний необходим четкий методический подход для стратегическо-

---

*Гамберг Алексей Евгеньевич* – аспирант кафедры организации машиностроительного производства Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия (620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19); e-mail: agamberg@mail.ru.

го планирования развития предприятий в данной отрасли.

## **2. Анализ степени изученности вопросов прогнозирования развития**

В рамках данного исследования был проведен анализ классической литературы по стратегическому управлению на предмет применимости имеющихся стратегических подходов для реализации руководством предприятий научно-технической сферы на ранних стадиях развития.

В первую очередь были рассмотрены подходы к формированию стратегии предприятия, предложенные И. Ансоффом, М. Месконом, А. Томпсоном и Д. Стриклендом, С. Вутоном и Т. Хорном. Данные авторы предлагают разделение процесса формирования стратегии предприятия на этапы либо задачи, основными из которых являются анализ внутренних и внешних сред организации, выработка миссии и целей, определение стратегического направления развития. Также к этапам формирования относят управленческое обследование сильных и слабых сторон; анализ и выбор стратегических альтернатив; реализация, оценка стратегии и ее корректировка в соответствии с полученными результатами.

Среди отечественных авторов, изучающих процесс разработки стратегии предприятия, можно выделить работы В. Марковой и С. Кузнецовой, О. Виханского, О. Коробейникова, В. Колесова и А. Трифиловой. В работах этих ученых предложены авторские этапы процесса разработки, а также структура их взаимосвязи.

Вышеперечисленные подходы к формированию стратегии объединяют следующие признаки: разработка стратегии делится авторами на различные этапы, в рамках которых оценивается внутренняя и внешняя среда предприятия. При этом большая часть теоретической основы относится ко всей продолжительности деятельности предпри-

ятия и не описывает алгоритмы принятия решений по ходу жизненного цикла предприятия поэтапно. Мало изучен самый первый период функционирования предприятия, на этапе его зарождения. Основной объект применения данных подходов – предприятие с готовым продуктом на стадии от «роста», до «смерти». Также в данных алгоритмах и моделях стратегического управления продукт предприятия рассматривается как изделие либо услуга безотносительно специфики самого продукта, что может являться недостатком, в случае, если объект стратегического управления – предприятие ярко выраженной проектной направленности, результаты деятельности которого обладают определенной спецификой.

Учитывая вышеперечисленные недостатки существующей теоретической базы, очевидной видится проблема идентификации и прогнозирования этапов жизненного цикла предприятий научно-технической сферы. Данная проблема на протяжении последнего времени исследуется рядом авторов в России и за рубежом.

В работах Р. Макмэхона раскрываются вопросы применения теории жизненного цикла к малым и средним предприятиям, а также методика принятия стратегических решений на основе оценки стадии развития предприятия [4]. В статье рассматривается критический подход к разделению жизненного цикла малого и среднего предприятия на стандартные фазы и предлагаются дополнительные авторские этапы, характеризующиеся специфическими параметрами, описывающими деятельность предприятия, такими как возраст предприятия, продажи и количество сотрудников.

Статья В. Гечевска и коллектива авторов посвящена проблемам применения теории жизненного цикла продукта для управления предприятием в целом. В статье раскрывается понятие управления жизненным циклом продукции и место данного аспекта

менеджмента в культуре управления предприятием на различных уровнях и этапах его развития [5].

В статье Ж.Н. Барро рассматриваются вопросы специфики жизненного цикла малых предприятий научно-технической сферы, их жизненного цикла и взаимосвязь стадий жизненного цикла данных компаний, количества поданных патентных заявок на разработки и финансирования данных разработок на территории Швеции [6].

В работе К. Лесарг раскрываются вопросы дифференциации структуры жизненного цикла малых предприятий научно-технической сферы в зависимости от специфики разрабатываемого ими продукта [7]. В данной работах проанализированы жизненные циклы предприятий микроэлектроники, количество их разработок и стратегия развития, выработанная на основе этих данных. Также в этой работе предложена математическая модель для оценки финансового состояния предприятия на основе эффективности использования ресурсов в рамках работы над его проектами.

В работе М. Аббаси и др. предлагается методический подход по формированию стратегии предприятия научно-технической сферы на основе оценки портфеля проектов и их селекции по ряду показателей [8].

В работах Н.В. Гусевой [9] и К.С. Самариной [10] на основе системного подхода проведено комплексное исследование теоретических моделей управления деятельностью предприятия по этапам его жизненного цикла, основанное на концепциях жизненного цикла Азидиса, Мильнера и др. Этапы жизненного цикла промышленного предприятия рассмотрены в совокупности с существующими моделями стратегии развития предприятия И. Ансоффа, М. Портера.

В статье Ю.Р. Митина рассмотрены основные стратегии для малых компаний, которые занимаются коммерциализацией вузовских разработок и технологий: проведение

НИОКР по заказу крупных промышленных предприятий и компаний, лицензирование и уступка патентных прав и прямая коммерциализация научных разработок вузов как основные стратегические направления на ранних этапах развития промышленного предприятия [11]. Отдельно проанализированы проблемы, препятствующие развитию компаний и успешной коммерциализации вузовских научных разработок и технологий.

В работе Б.П. Воловикова предложено новое понятие инновационно-маркетинговой стратегии, дано ее определение, представлены стадии ее формирования [12]. Эти вопросы раскрыты в статье, где объектом исследования является промышленное предприятие [13]. Результатом данного исследования является методический подход, позволяющий формировать стратегию оформления портфеля проектов НИОКР для предприятия на основе их финансовой и маркетинговой привлекательности, однако в работе отсутствуют оценка проектов с точки зрения их технического развития в динамике и учет изменения характеристик проектов с течением времени. Особое внимание в работах данного автора уделено этапу формирования оптимального инновационного портфеля, подходам к его формированию и управлению структурой на всех стадиях жизненного цикла новации.

Вышеперечисленные исследования объединяет то, что данные работы описывают стадии жизненного цикла промышленных предприятий и их характеристики с учетом специфики внешней среды, внутренней среды организации и в некой мере специфики самого продукта. На основе этих качественных данных и характеристик предлагаются стратегические решения для совершенствования стратегии развития на определенных этапах, однако практически отсутствуют актуальные исследования, позволяющие количественно оценить параметры изменения жизненного цикла, а

также прогнозировать изменения этапов жизненного цикла предприятия до их непосредственного наступления и формировать стратегию развития промышленного предприятия базируясь на этих сведениях.

Есть два важных момента, которые упускаются в большинстве моделей. Во-первых, как правило, стадии раннего развития игнорируются. Мало известно о развитии организации до стадии зарождения, т. е. до того, как организация начинает свое формальное существование (этому вопросу уделяет внимание Л. Грейнер) [14]. А между тем в мемуарах успешных менеджеров много свидетельств о том, как задумывались нынешние компании – лидеры бизнеса. Во-вторых, рассматривая взаимосвязь жизненных циклов предприятия и продукта, многие исследователи ограничиваются или отраслевой направленностью продукта, или степенью его инновационности или коммерческой привлекательности. Игнорируется тот факт, что портфель продуктов научно-технического предприятия может иметь или не иметь синергетический эффект.

### **3. Методический подход**

Как уже говорилось, фирмы живут от нескольких дней до нескольких десятков и даже сотен лет. Но следует заметить, что большая часть фирм имеет короткую продолжительность жизни. В течение, например, последних двадцати лет в США ежегодно возникало до 600 тыс. новых, прежде всего мелких, компаний (в 50-х гг. ежегодно регистрировалось в среднем 130 тыс. новых компаний, в 60-х – 220 тыс., в 70-х – 350 тыс.). Однако «смертность» их чрезвычайно высока. Согласно В.Б. Акулову, мировая практика свидетельствует, что в рыночной экономике из 100 вновь созданных фирм до 5-летнего возраста доживают не более 20 (половина гибнет в первый год) [15]. Данная статистика отражает период от формального открытия предприятия (ре-

гистрация). По нашему мнению, развитие предприятия начинается до его официальной регистрации. Поэтому предлагается ввести дорыночный этап, на котором предприятие оценивает свои научные и финансовые возможности.

Выбор стратегии развития предприятия непосредственно зависит от характера продуктов либо услуг, которые предприятие реализует. Однако на начальных этапах развития продукт либо услуга для предприятия рассматриваются как проект с разной степенью риска, так как для выпуска продукта на рынок необходимо проведение научно исследовательских и опытно-конструкторских работ, подготовка производства, техническая реализация. Учитывая этот факт, проект может быть характеризован степенью риска в зависимости от того, на какой стадии он находится. Кроме того, существует синергизм научно-технических идей, обоснованный соприкосновением различных областей знаний при одновременной проработке нескольких научных идей или гипотез, формирующих ядро прорабатываемого проекта и как следствие портфеля проектов предприятия в целом.

Таким образом, можно предположить, что основополагающий фактор, формирующий структуру жизненного цикла предприятий научно-технической сферы на ранних этапах развития, – количество и успешность проектов реализуемых предприятием. Жизненный цикл организации в таком случае можно разделить на следующие этапы.

*1. Дорыночный этап* – на этом этапе предприятие может даже не иметь организационно-правовой формы и быть сформировано лишь проектной командой, однако назвать эту организацию предприятием можно с уверенностью, так как она уже имеет имущество, сформированное интеллектуальной собственностью либо материальной. В классической теории Мильнера данного этапа нет, вследствие того, что основной характе-

ристикой предприятия он принимает объем продаж, сложно отрицать, что в этом смысле рассматривать данный этап в отдельности не логично, ведь продаж на этом этапе нет как таковых. Однако применительно к малым предприятиям научно-технической сферы, для которого критерием эффективности является степень проработанности продукции, этот этап имеет смысл рассматривать как отдельный.

2. *Этап рождения* – на этом этапе предприятие начинает функционировать как участник рынка с одним реализуемым проектом. Все ресурсы предприятия направлены на его старт. Предприятие на этом этапе не получает прибыли. В отличие от классической теории Мильнера предприятие на этом этапе стремится не к увеличению объемов, а к доработке продукта под требования потребителя, появившегося на рынке.

3. *Этап роста* – предприятие начинает развивать другие проекты, помимо первого, стремясь постепенно увеличивать долю прибыли от их реализации. Данный этап идентичен этапу роста в методологии предложенной Мильнером, при этом отличие заключается в том, что классически предприятия могут осуществлять развитие и не увеличивая ассортимент, фокусируясь на одном продукте.

4. *Этап зрелости* – доля прибыли от вновь разработанных проектов сравнивается с долей прибыли, получаемой от первоначальной разработки. Средства инвестируются в новые разработки.

5. *Этап кризиса проектов* – характеризуется минимизацией прибыли по большинству проектов. В отличие от традиционных подходов к жизненному циклу организации данный этап не всегда является органическим следствием зрелости предприятия. Он может наступить для предприятия научно-технической сферы в любой момент времени после его возникновения под влиянием неблагоприятных внешних или внутренних

факторов и возникающей кризисной ситуации. Главным симптомом затухания деятельности предприятия являются снижение его платежеспособности и ограниченные возможности реализации продукции.

6. *Этап чистки* – органически сохраняется один проект, на развитие которого бросаются все доступные ресурсы. Оставшиеся нерентабельные и низкорентабельные проекты не развиваются.

Расположение вышеперечисленных этапов жизненного цикла малых предприятий научно-технической сферы представлено на рис. 1.

Предметом данного исследования является прогнозирование развития предприятия на ранних этапах жизненного цикла, под ранними этапами мы понимаем первые три этапа из модели, представленной выше – «дорыночный», этап «зарождения» и начальная часть этапа роста, характеризуемая относительно невысокой выручкой.

Предлагаемый методический подход базируется на следующих постулатах:

Существует энтропия портфеля проектов научно-технического предприятия, которая характеризует степень неупорядоченности (неопределенности) данного портфеля, базируясь на параметрах, отражающих качество и количество проектов.

В рамках данного исследования предлагается методика прогнозирования изменения этапов жизненного цикла на основе данного понятия. Аналогично процессам, происходящим в термодинамических и информационных системах, на протяжении жизненного цикла без вмешательства в портфель предприятия энтропия изменяется, как следствие возникает максимальная неупорядоченность системы, что является предпосылкой к кардинальному изменению фазы жизненного цикла, то есть приводит цикл предприятия к точке перехода в другое состояние.

1. При энтропии, стремящейся к максимуму, появляются точки бифуркации. Би-

фуркация – это приобретение нового качества в движениях системы при изменении ее параметров.

В синергетике и неравновесной динамике бифуркации являются следствием флуктуаций – постоянных колебаний структуры системы. Если система становится неустойчивой относительно этих колебаний и возникает неопределенность в развитии, говорят, что система достигла точки бифуркации.

Точка бифуркации – критическое состояние системы, при котором она становится неустойчивой относительно флуктуаций и возникает неопределенность: станет ли состояние системы хаотическим или она перейдет на новый, более дифференцированный и высокий уровень упорядоченности.

Точки бифуркации характеризуются следующими свойствами:

- 1) Непредсказуемость. Обычно точка бифуркации имеет несколько вариантов, по одному из которых пойдет система. Однако заранее невозможно предсказать, какой новый вариант займет система. Такие варианты называют *аттракторами*.

- 2) Точка бифуркации носит кратковременный характер и разделяет более длительные устойчивые режимы системы.

Учитывая, что развитие промышленного предприятия на ранних стадиях его жизненного цикла напрямую связано с техническим развитием его проектов, которое носит вероятностный характер, видится логичным рассматривать портфель технических проектов такого предприятия как систему, характеризуемую параметром энтропии. Учитывая, что рост параметра энтропии свидетельствует об увеличении неупорядоченности системы в зависимости от динамики данного показателя, можно сделать вывод о приближении состояния системы к точке максимальной нестабильности (бифуркации) и предпринимать шаги для снижения риска коллапса системы. Применительно к предприятиям научно-технической сферы, можно говорить о том, что расчет энтропии портфеля проектов позволяет прогнозировать динамику изменения неупорядоченности проектов предприятия, а значит, формировать стратегию раз-

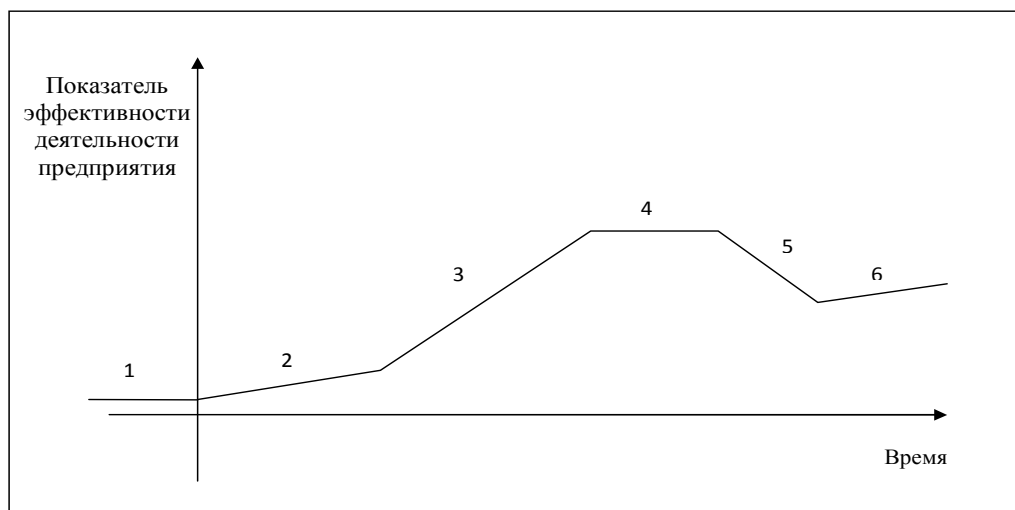


Рис. 1. Этапы жизненного цикла малого предприятия научно-технической сферы

вития, нацеленную на снижение величины данного показателя и повышение стабильности предприятия в целом.

Показатели энтропии потоковых величин предлагается оценивать по формуле Шеннона (формула 1).

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i, \quad (1)$$

где  $H$  – показатель энтропии портфеля проектов;

$p_i$  – вероятность того, что проект будет коммерчески реализован;

$n$  – количество проектов.

А энтропию частных величин характеризующих статическое состояние потока по формуле 2.

$$H_{\check{c}} = \log_2 \frac{1}{p_i}, \quad (2)$$

где  $H_{\check{c}}$  – показатель энтропии потоковой величины.

Данная величина называется частной энтропией, характеризующей только  $i$ -е состояние.

Для расчета данного показателя необходимо ввести вероятностную оценку этапов технической проработки продуктов, разрабатываемых на предприятии. В данной методике для вероятностной оценки мы предлагаем пользоваться шкалой, предложенной К.М. Великановым для оценки вероятности внедрения технических проектов [16]. Однако в данной шкале не учитывается ценность научно-технической идеи и предложения как объектов интеллектуальной собственности предприятия, в связи с чем мы предлагаем добавить данные стадии разработки к существующей шкале. Пусть готовому к серийному выпуску, востребованному на рынке изделию, будет соответствовать коэффициент 1, тогда предлагаемая система понижающих коэффициентов будет выглядеть следующим образом (табл. 1).

Коэффициент, предложенный выше, представляет собой вероятность воплощения технического решения на текущей стадии его проработки в полноценное коммерчески реализуемое изделие.

Учитывая, что портфель проектов научно-технического предприятия состоит из нескольких проектов, расчет энтропии портфеля с использованием данной шкалы вероятностей, а также анализ полученных значений, позволяет принимать стратегические решения об изменении состава портфеля проектов, а также прогнозировать возникновение возможных точек бифуркации в развитии предприятия научно-технической сферы.

#### 4. Анализ полученных результатов

Данный механизм расчета был апробирован на экономических показателях деятельности предприятий научно-технической сферы Уральского и Сибирского федеральных округов. В выборку попали 18 предприятий, реализующих продукты и услуги в следующих областях промышленности: приборостроение – 5 предприятий, машиностроение – 5 предприятий, программное обеспечение – 4 предприятия, технологические компании – 4 предприятия. Срок деятельности всех предприятий выборки – 5 лет, этот период охватывает «дорыночный» этап, этап «зарождения» и «роста» жизненного цикла данных предприятий. Все они были образованы либо реструктуризированы в 2011 г.

Результаты расчетов показателя энтропии портфеля проектов, усредненные по вышеперечисленным группам предприятий, представлены в табл. 2.

Расчет производится с учетом динамики изменения степени технической проработки проекта. Полученные в ходе расчета данные были сгруппированы и усреднены. Средние значения количества проектов в портфеле, энтропии и изменения выручки по годам были представлены графически.



Ершова И.В., Гамберг А.Е.

Как видно на рис. 2, среднее количество проектов в портфеле предприятий остается в пределах от одного до двух проектов, в первые два года количество проектов предприятий близко к 1, это связано прежде всего с отсутствием финансовой возможности запуска других проектов и высокой организационной

загрузкой руководства компаний на этапе открытия предприятия. К третьему году, как правило, запускаются новые проекты, а к пятому наступает период селекции проектов, когда ресурсы направляются на наиболее финансово перспективные разработки, а проекты с низкой отдачей закрываются.

Таблица 1

## Коэффициенты технической проработки проектов

Степень технической проработки проекта, вероятность реализации проекта	Коэффициент/ вероятность
Опытная партия готовая к производству, рабочая документация установившегося серийного или массового производства	0,9–0,95
Опытная партия со значительными технологическими недостатками, рабочая документация на производство установочной серии	0,85–0,92
Защищенный и испытанный экспериментальный образец, технология, рабочая документация на производство опытного образца	0,7–0,85
Экспериментальный образец, технология без защищенной интеллектуальной собственности, технический проект документации	0,55–0,75
Не испытанный, но защищенный образец, технология, эскизный проект документации	0,45–0,65
Не заверченный экспериментальный образец, интеллектуально защищенная разработка без воплощения, техническое задание,	0,3–0,55
Предложение	0,15–0,25
Идея	0,05–0,1

Таблица 2

## Расчет энтропии портфеля проектов по годам проекта и по группам компаний

Год	Компании в области машиностроения			Компании в области приборостроения			Компании в области программного обеспечения			Технологические компании		
	Кол-во проектов (n), шт.	Энтропия (H), бит	Выручка, тыс. руб.	Кол-во проектов (n) шт.	Энтропия (H), бит	Выручка, тыс. руб.	Кол-во проектов (n)	Энтропия (H), бит	Выручка, тыс. руб.	Кол-во проектов (n)	Энтропия (H), бит	Выручка, тыс. руб.
2011	1,2	0,48	3,76	1	0,33	0,22	1	0,44	0,13	1	0,35	4,05
2012	1	0,25	5,76	1	0,37	2,90	1	0,38	0,45	1,25	0,33	7,37
2013	1,4	0,37	11,58	2,2	0,80	5,83	1,25	0,40	1,34	2	0,54	9,50
2014	1,6	0,30	13,46	2	0,60	7,48	1,25	0,07	2,49	1,75	0,10	7,32
2015	1,8	0,07	16,93	1,2	0,18	8,48	1,25	0	3,56	1,5	0,13	7,45

Динамика изменения энтропии портфеля проектов (рис. 3) данной выборки предприятий по годам отражает следующие результаты: к пятому году деятельности на большинстве предприятий наблюдалось снижение энтропии портфеля проектов. Связано это как с исключением из портфеля к 2015 г. наименее эффективных проектов, за счет чего упорядоченность портфеля увеличивается, так и с улучшением степени технической проработки самих проектов.

Средняя арифметическая величина выручки (рис. 4) от реализации по предприяти-

ям выборки увеличилась к 2015 г. примерно в четыре раза. При этом коэффициент корреляции массивов средних величин выручки и энтропии портфеля проектов по годам  $R = -0,6$ , что говорит о наличии обратной взаимосвязи между этими двумя величинами.

Исходя из результатов расчета применительно к специфике продукта предприятий, можно сделать вывод о том, что выручка компаний научно-технической сферы на ранних стадиях зависит как от степени проработки проектов в портфеле, так и от типа продукта, на разработку которого направлен проект. Так, выручка

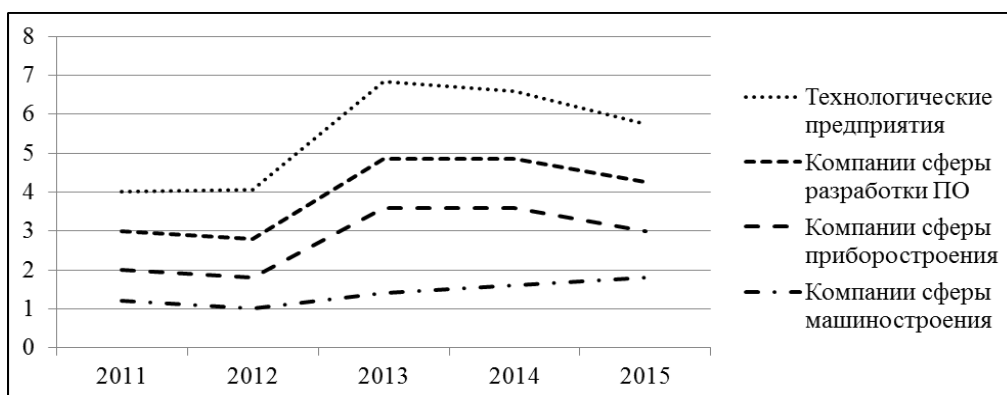


Рис. 2. Изменение среднего количества проектов в портфеле предприятий по годам

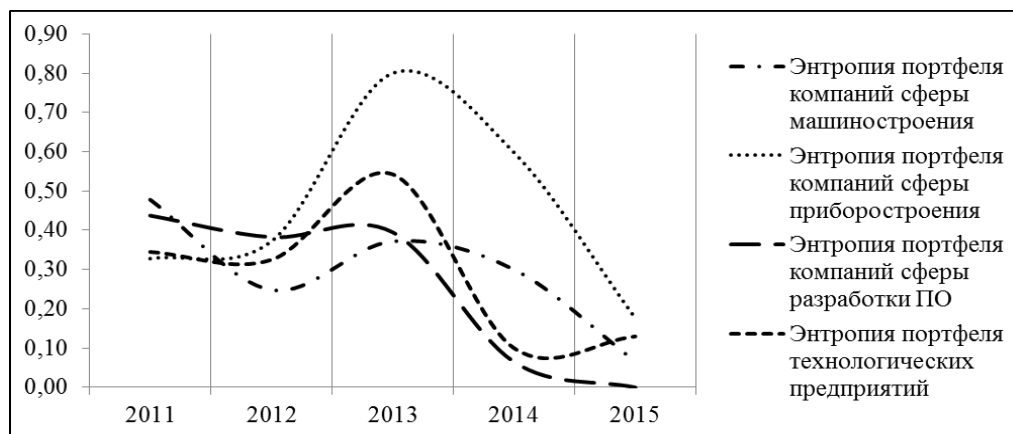


Рис. 3. Изменение средней энтропии портфеля проектов предприятий по годам

по группам технологических предприятий и предприятий сферы машиностроения в первые три года выше, нежели у предприятий сферы разработки ПО и предприятий приборостроения.

Полученные результаты позволяют говорить о возможности использования совокупности вышеописанных расчетных показателей для прогнозирования развития предприятия научно-технической сферы на ранних стадиях развития.

Применительно к такой технологии расчета максимальное значение энтропии составляет величину приблизительно равную половине от количества проектов в портфеле предприятия.

$$H \rightarrow \frac{n}{2}, \quad (3)$$

где  $H$  – показатель энтропии портфеля;

$n$  – количество проектов в портфеле.

Учитывая данный факт, видится возможным прогнозирование возникновения неустойчивости в деятельности предприятия научно-технической сферы, в том числе переход на следующий этап жизненного цикла предприятия и, как следствие, возможного изменения объемов выручки по мере приближения показателя энтропии портфеля проектов к данной величине (рис. 5).

Согласно расчетам по выборке, анали-

зируемой в ходе исследования, резкое изменение объемов выручки, происходило при энтропии портфеля проектов, находящейся в следующих пределах:

$$0,8 \frac{n}{2} \leftrightarrow \frac{n}{2}, \quad (4)$$

где  $n$  – количество проектов в портфеле предприятия.

Исходя из этих данных, можно сделать вывод о том, что оптимальным моментом в деятельности предприятия для внесения изменений в портфель проектов является ситуация, когда энтропия портфеля проектов лежит в вышеуказанном диапазоне. В этом случае стратегия развития предприятия может быть скорректирована путем изменения портфеля проектов. Могут быть предприняты следующие действия:

- 1) из портфеля могут быть исключены наименее перспективные проекты с низкой степенью технической проработки (коэффициент в пределах от 0,1 до 0,4);
- 2) из портфеля могут быть исключены проекты со средней степенью проработки (коэффициент в пределах от 0,4 до 0,6), требующие наибольших финансовых вложений для дальнейшего развития;
- 3) могут быть произведены дополни-

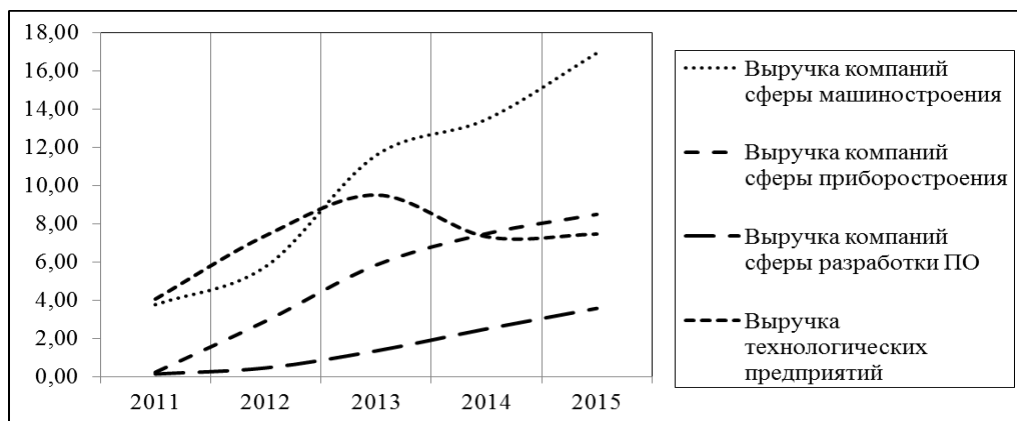


Рис. 4. Изменение средней выручки предприятий по годам

тельные финансовые вливания в проекты с низкой степенью технической проработки (коэффициент в пределах от 0,1 до 0,4) для увеличения технической проработки проектов;

- 4) в портфель могут быть добавлены проекты с высокой степенью технической проработки.

Такой подход позволит выбирать стратегические пути развития для предприятия, основываясь на прогнозах, составляемых руководством предприятия с определенной периодичностью. Наиболее оптимальным периодом для составления прогноза является I квартал, в этот период представляется возможным оценить изменения в степени технической проработки проектов и перспективы их финансирования.

### Выводы

В ходе данного исследования на основании изучения теории жизненного цикла и существующих методических подходов к разработке стратегии выявлена недостаточная проработанность вопросов формирования стратегии развития предприятий научно-технической сферы на ранней стадии развития. При анализе актуальных исследований по данному вопросу было обнаружено, что, как правило, в боль-

шинстве подходов к разработке стратегии предприятий игнорируются ранние стадии жизненного цикла предприятий. На текущий момент практически отсутствуют актуальные исследования, позволяющие количественно оценить параметры изменения жизненного цикла, прогнозировать их и формировать стратегию развития на основе этих сведений.

Помимо этого, выявлено отсутствие исследований, предметом которых являлся бы портфель проектов научно-технического предприятия как объект действия синергетического эффекта, возникающего в зависимости от параметров проектов, входящих в портфель.

Для решения данных задач предлагается использовать методiku прогнозирования развития предприятий научно-технической сферы, основанную на расчете параметра энтропии портфеля проектов, разрабатываемых предприятием. Данный параметр отражает неопределенность портфеля проектов предприятия и позволяет предсказывать появление точек бифуркации жизненного цикла данных предприятий, возникающих на этапе перехода от одной стадии жизненного цикла к другой и характеризующихся резкими структурными, ресурсными и другими изменениями для компании.

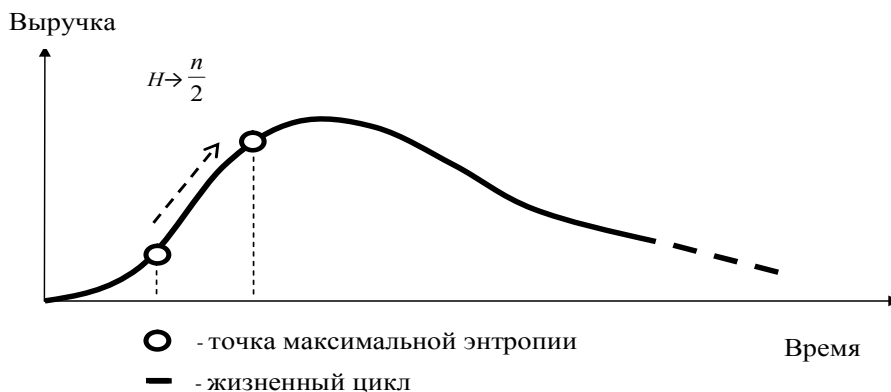


Рис. 5. Рост значения энтропии портфеля проектов при переходе на новый этап жизненного цикла

Расчет энтропии для портфеля проектов производится как для совокупности элементов, характеризующихся вероятностными параметрами. Вероятностный характер проектов оценивается согласно шкале К.М. Великанова. Такой подход позволяет применить формулу Шеннона для расчета энтропии и фактической оценки ее изменения в динамике.

В рамках данного исследования метод был апробирован на результатах деятельности предприятий Уральского и Сибирского федеральных округов. В результате апробации выявлено, что между выручкой предприятий и энтропией портфеля проектов существует обратная корреляционная зависимость. Также на основе полученных результатов предлагаются диапазоны величины энтропии портфеля, при которых наиболее вероятно возникновение точек бифуркации, и соответствующие им стратегические решения, позволяющие сократить энтропию портфеля, избежав тем самым резких изменений в структуре предприятия, не носящих эволюционный характер.

Использование данной методики для стратегического планирования деятельности предприятий научно-технической сферы позволяет производить оценку деятельности уже на стартовых этапах жизненного цикла предприятия и прогнозировать переход на следующие этапы, а также его возможные последствия. Такой методический подход при использовании руководством предприятия позволит повысить «выживаемость» бизнеса в научно-технической сфере и, как следствие, увеличить количество средних и крупных промышленных предприятий, осуществляющих разработку новых типов продукции и услуг. Дальнейшее развитие данной тематики возможно в направлении расширения спектра применения данной методики к различным типам предприятий, характеризующимся ярко выраженной проектной направленностью деятельности, а также в направлении разработки методик селекции проектов в портфель предприятия на основе предложенных показателей.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Луговцов А.В., Гамберг А.Е., Организационный механизм развития инновационной составляющей конкурентоспособности российских предприятий // Проблемы обеспечения безопасного развития современного общества : сборник трудов IV Международной научно-практической конференции. В 2-х частях. Екатеринбург: УМЦ-УПИ, 2014. Ч. 2. С. 217–225.
2. Виленский А.В. Особенности российского малого предпринимательства // Экономический журнал Высшей школы экономики. 2004. Т. 8, № 2. С. 246–256.
3. Коканов Б.А. Источники правового регулирования инновационной деятельности // Вестник УдмГУ. 2011. № 2–4. С. 119–122.
4. McMahon R. Ownership structure, business growth and financial performance amongst SMEs: From Australia's business longitudinal survey // Journal of Small Business and Enterprise Development. 2007. Vol. 14, No 3. P. 458–477.
5. Gecevska V., Chiabert P., Anisic Z., Lombardi F., Cus F. Product lifecycle management through innovative and competitive business environment // Journal of Industrial Engineering and Management. 2010. Vol. 3, No 2. P. 323–336.
6. Barrot J.N. Investor Horizon and the Life Cycle of Innovative Firms:

- Evidence from Venture Capital // MIT working paper. Massachusetts Institute of Technology, 2014.
7. Lelarge C., Nefussi B. Les stratégies de portefeuille de produits des entreprises industrielles françaises face à la concurrence des pays à bas coût de production // *Economie et statistique*. 2010. Vol. 435, No 1. P. 31–47.
  8. Abbassi M., Ashrafi M., Tashnizi E.S. Selecting balanced portfolios of R&D projects with interdependencies: a cross-entropy based methodology // *Technovation*. 2014. Vol. 34, No 1. P. 54–63.
  9. Гусева Н.В. Совершенствование методики диагностики этапов жизненного цикла предприятия // *Вестник Челябинского государственного университета*. 2012. № 24 (278). С. 128–134.
  10. Самарина К.С. Перепрофилирование промышленного предприятия в контексте жизненного цикла // *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Экономика. Управление. Право*. 2012. Т. 12, № 4. С. 61–66.
  11. Митин Ю.Р. Выбор стратегии развития для малых инновационных компаний // *Креативная экономика*. 2010. № 7 (43). С. 57–61.
  12. Воловиков Б.П. Методика формирования инновационно-маркетинговой стратегии промышленного предприятия с учетом жизненного цикла инноваций // *Сибирский торгово-экономический журнал*. 2012. № 15. С. 59–65.
  13. Грейнер Л. Эволюция и революция в процессе роста организаций // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 8. Менеджмент*. 2002. Т. 8. С. 76–92.
  14. Воловиков Б.П., Колущинская О.Ю. Разработка оптимального бизнес-портфеля промышленного предприятия // *Вестник Омского университета. Серия «Экономика»*. 2010. № 1. С. 162–169.
  15. Акулов В. Теория экономической организации : учеб. пособие. Петроза-водск: ПетрГУ, 2015.
  16. Экономика и организация производства в дипломных проектах : учеб. пособие для машиностроительных вузов / К.М. Великанов, Э.Г. Васильева, В.Ф. Власов и др. ; под общ. ред. К.М. Великанова. 4-е изд. перераб. и доп. Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1986. 285 с.

*Ershova I.V.*, doctor of economics, professor,  
*Gamberg A.E.*, post-graduate student,  
*Ural Federal University*  
*named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,*  
*Ekaterinburg, Russia*

## **PREDICTION OF SMALL R&D ENTERPRISE DEVELOPMENT BASED ON THE INDEX OF PROJECT PORTFOLIO ENTROPY**

The article deals with the problems of R&D enterprise management and some aspects of its strategy formation. The method for predicting the development of R&D-driven enterprises at the early stages of their life cycle, such as the “emergence” and “growth” is shown. The study, whose results are presented in this article, is to prove the hypothesis that the formation of the development strategy of an R&D-driven enterprise can be based on the prediction of points of transition from one phase of the life cycle of the company to another, i.e., “bifurcation” points. In this study, an analysis of the classical approaches to the strategy development of the enterprise, including contemporary life cycle management literature is given. Based on the analysis, we proposed an approach to forecasting the transition points of the lifecycle of the enterprise, which is based on a probabilistic assessment of the commercialization of projects, their technical processing, as well as the degree of disorder in the company’s project portfolio. The study proposes to assess the degree of structuring of the portfolio as a probabilistic object with information entropy, with its growth to critical values being a criterion for predicting the transition of the enterprise to a new stage of its life cycle. The hypothesis put forth in the article is supported with calculations, correlation analysis and comparison of the level of company’s performance and the level of the entropy of its portfolio over a time period. The calculation was done based on a sample which included R&D-driven enterprises of the Ural and Siberian autonomous regions of Russia. The study found an inverse relationship between the level of income of R&D-driven enterprises in the early stages of their development and the level of entropy of their project portfolio. Typical strategic decisions on project portfolio management on the basis of the forecast are proposed. The results can be used in strategy management.

**Key words:** product innovation; production innovation; enterprise innovation; research; entropy; forecast; project portfolio; bifurcation; life cycle strategy.

### **References**

1. Lugovtsov, A.V., Gamberg, A.E. (2014). Organizatsionnyi mekhanizm razvitiia innovatsionnoi sostavliaiushchei konkurentosposobnosti rossiiskikh predpriatii [Organizational mechanism of developing the innovation component of the competitive advantage of Russian companies]. *Proceedings of 4<sup>th</sup> International scientific conference “Problems of ensuring safe development of modern society”*, Ekaterinburg, Part 2, 217–225.
2. Vilenskii, A.V. (2004). Osobennosti rossiiskogo malogo predprinimatel’stva [Peculiarities of Russian small enterprises]. *Ekonomicheskii zhurnal Vysshei shkoly ekonomiki [Economic journal of the Higher School of Economics]*, Vol. 8, No 2, 246–256.
3. Kokanov, B.A. (2011) Istochniki pravovogo regulirovaniia inno-vatsionnoi deiatel’nosti [Sources of legal regulation of innovative activity]. *Vestnik UdmGU [Bulletin of Udmurt University]*, No 2–4, 119–122.

4. McMahon, R. (2007). Ownership structure, business growth and financial performance amongst SMEs: From Australia's business longitudinal survey. *Journal of Small Business and Enterprise Development*, Vol. 14, No 3, 458–477.
5. Gecevska, V., Chiabert, P., Anisic, Z., Lombardi, F., Cus, F. (2010). Product lifecycle management through innovative and competitive business environment. *Journal of Industrial Engineering and Management*, Vol. 3, No 2, 323–336.
6. Barrot, J.N. (2014). Investor Horizon and the Life Cycle of Innovative Firms: Evidence from Venture Capital. *MIT working paper*. Massachusetts Institute of Technology.
7. Lelarge, C., Nefussi, B. (2010). Les stratégies de portefeuille de produits des entreprises industrielles françaises face à la concurrence des pays à bas coût de production. *Economie et statistique*, Vol. 435, No 1, 31–47.
8. Abbassi, M., Ashrafi, M., Tashnizi, E.S. (2014). Selecting balanced portfolios of R&D projects with interdependencies: a cross-entropy based methodology. *Technovation*, Vol. 34, No 1, 54–63.
9. Guseva, N.V. (2012). Sovershenstvovanie metodiki diagnostiki etapov zhiznennogo tsikla predpriiatiia [Improving a method of diagnosing the stages of a company's life cycle]. *Vestnik Cheliabinskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of Chelyabinsk State University]*, No 24 (278), 128–134.
10. Samarina, K.S. (2012). Pereprofilirovanie promyshlennogo predpriiatiia v kontekste zhiznennogo tsikla [Business process re-engineering at an industrial company in the context of life cycle]. *Izvestiia Saratovskogo universiteta. Novaia seriia. Serii Ekonomika. Upravlenie. Pravo. [Izvestia of Saratov University. New Series. Economics. Management. Law]*, Vol. 12, No 4, 61–66.
11. Mitin, Iu.R. (2010). Vybora strategii razvitiia dlia malykh innovatsionnykh kompanii [Selection of the development strategy for small innovative companies]. *Kreativnaia ekonomika [Creative economy]*, No 7 (43), 57–61.
12. Volovikov, B.P. (2012). Metodika formirovaniia innovatsionno-marketingovoi strategii promyshlennogo predpriiatiia s uchetom zhiznennogo tsikla innovatsii [Methodology of building an innovation and marketing strategy of an industrial company given the life cycle of an innovation]. *Sibirskii torgovo-ekonomicheskii zhurnal [Siberian Journal of Trade and Economics]*, No 15, 59–65.
13. Greiner, L.E. (2002). Evoliutsiia i revoliutsiia v protsesse rosta organizatsii [Evolution and revolution in the course of an organization's growth]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Serii 8. Menedzhment [Vestnik of St Petersburg University Series 8. Management]*, Vol. 8, 76–92.
14. Volovikov, B.P., Kolushchinskaiia, O.Iu. (2010). Razrabotka optimal'nogo biznes-portfelii promyshlennogo predpriiatiia [Industrial enterprise business portfolio]. *Vestnik Omskogo universiteta. Serii «Ekonomika» [Herald of Omsk University. Series «Economics»]*, No 1, 162–169.
15. Akulov, V. (2015) *Teoriia ekonomicheskoi organizatsii [Theory economic organization]*. Petrozavodsk, Petrozavodsk State University.
16. Velikanov, K.M. (1986). *Ekonomika i organizatsiia proizvodstva v diplomnykh proektakh [Economics and organization of production in graduation projects]*. Leningrad, Mashinostroenie.

### Information about the authors

**Ershova Irina Vadimovna** – Doctor of Economics, Professor, Organization of Mechanical Engineering Production Department, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia (620002, Yekaterinburg, Mira street, 19); e-mail: eiv.eopm@el.ru.

**Gamberg Aleksey Evgenovich** – Post-Graduate Student, Organization of Mechanical Engineering Production Department, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia (620002, Yekaterinburg, Mira street, 19); e-mail: agamberg@mail.ru.