

**СПОСОБ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ
РАЗРАБОТКИ ЭКСТРУЗИОННЫХ 3D-ПРИНТЕРОВ**

© 2022 Н.С. Цыганков, А.Э. Петрунина

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Статья поступила в редакцию 18.07.2022

Многие компании осознают необходимость внедрения инноваций в свой продуктовый портфель. Использование традиционных способов и подходов оценки деятельности предприятия не позволяет выявить вклад инновационных подразделений в общий результат компании. Целью исследования является разработка способа оценки отдельных подразделений, занимающихся разработкой новой продукции. В работе выявлены ключевые параметры оценки, способствующие учету трех ключевых групп показателей: общие характеристики инновационной активности подразделений, результативность работы с новой продукцией и выполнение целей функционирования компании. Предложены конкретные параметры для каждой группы показателей, что позволяет оценить эффективность работы организационной структуры разработки. На основе предложенных метрик была получена интегральная оценка и определен порядок действия для ее расчета. В соответствии со стратегией и приоритетами развития предприятия для каждой составляющей и отдельных показателей возможно определять весовые коэффициенты. Для корректировки деятельности подразделений для достижения поставленных целей определен порядок поиска управляющего воздействия. Рассмотрены две задачи управления при достаточной количестве ресурсов и их ограниченности. В первом случае у подразделения есть возможность выполнить все плановые задания с имеющимися ресурсами, соответственно, задача становится оптимизационной с поиском наиболее эффективного способа реализации в пересечении множеств плановых заданий и возможных результатов. Во втором случае требуется обеспечить минимальное отклонение в каждой точке при минимальном шаге за счет распределения и использования ресурсов. Продемонстрирована возможность проведения с помощью разработанного способа динамической оценки изменения эффективности отдельных организационных структур на примере трех подразделений ООО «Компания ИМПРИНТА», занимающихся разработкой аддитивного оборудования и технологий, включая экструзионные 3D-принтеры, материалы и программное обеспечение. На основе проведенного анализа динамики изменения интегральной оценки подразделений ООО «Компания ИМПРИНТА» выявлены проблемы их функционирования и определены направления по повышению эффективности подразделений таких, как развитие системы мотивации сотрудников для увеличения количества предлагаемых идей разработки отделом продакт-маркетинга и разработка мероприятий по снижению доли выполняемых работ отделом эксплуатации продукта с привлечением сторонних компаний.

Ключевые слова: разработки, управление, организация производства, продукция, процесс, математическая модель, способ, инновации, 3D-принтер, эффективность, состояния, организационная структура.

DOI: 10.37313/1990-5378-2022-24-4-75-86

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ
в рамках научного проекта № 19-37-90023*

ВВЕДЕНИЕ

Изменения, происходящих под влиянием цифровизации, требуют от компаний новых подходов в области управления эффективностью подразделений, занятых в инновационной деятельностью. Вследствие динамизма окружающей среды предприятий современное управ-

ление не может строиться без использования цифровых моделей и их имитационной проверки. Такой подход требует идентифицировать ключевые показатели деятельности подразделений, характеризующие предпринимаемые усилия и степень достижения результатов в области инноваций.

Современные системы оценки деятельности инновационных компаний ориентированы на управление и оценку предприятия в целом и не рассматривают инновационные процессы как отдельную подсистему. Все это приводит к тому, что задачи управления инновациями не находят должного отражения в стратегиях компаний

Цыганков Никита Сергеевич, старший преподаватель кафедры экспериментальной физики и инновационных технологий. E-mail: cyganikita@yandex.ru

Петрунина Анастасия Эдуардовна, старший преподаватель кафедры экспериментальной физики и инновационных технологий. E-mail: kafedra_efit@bk.ru

и теряются при агрегировании показателей эффективности деятельности. Однако такие задачи требуют особого подхода с точки зрения планирования, мониторинга и контроля, поскольку их реализация сопряжена с высокими рисками и неопределенностью рынка, сложностью прогнозирования результатов НИОКР и прототипирования, необходимостью внесения изменений при реализации и корректировки требований к результатам.

Актуальными становятся новые подходы к моделированию систем управления, учитывающие информацию из различных источников внутри и за пределами компании, позволяющие учесть максимальное число факторов реальной предметной области. Все это необходимо для оценки эффективности деятельности подразделений, так как позволяет определить оптимальное управляющее воздействие при максимизации результатов и минимизировании затрат.

ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР РАЗРАБОТКИ НОВОЙ ПРОДУКЦИИ

В литературе представлены различные подходы к интегрированной оценке эффективности инновационной деятельности внутри компании. Обзор существующих традиционных подходов к оценке представлен в монографии [1]. Укрупненно все методы можно разбить на три группы: оценивающие эффективность инноваций с точки зрения экономической эффективности; с точки зрения прироста производственных и технологических факторов внутри предприятия (технократический подход), и комплексные методы, представляющие собой сочетание системного и структурного подходов и оптимизации. Все эти методы объединяет то, что они позволяют провести комплексную оценку всей системы управления предприятием, а не его отдельных подразделений, непосредственно занятых инновациями. Таким образом, рассмотренные подходы дают оценку эффективности инноваций в целом по предприятию или даже экономике в целом, однако ее невозможно спроецировать на деятельность отдельных подразделений.

Дополнительные исследования в области развития подходов к оценке результативности компании, ориентированной на технологические инновации, представлены в обширном перечне публикаций. Все подходы ориентированы на ряд результирующих показателей, к примеру [2]:

- количество новых продуктов (товаров или услуг), внедренных в отчетном году;
- количество полученных охранных документов на объекты интеллектуальной собственности по результатам НИОКР;

- доля затрат на НИОКР в выручке по результатам деятельности и т.д.

Подобные критерии эффективности используются и в форме статистического наблюдения по инновациям [3].

При анализе перечисленных подходов было сделано заключение, что при оценке учитываются только результаты деятельности компании за отчетный период, однако упускаются из виду показатели предпринимаемых действий и затрачиваемых усилий каждого подразделения по осуществлению инноваций. На ранних стадиях инновационной деятельности у незрелых компаний может не быть результатов, либо они еще не достигли целевого уровня, в связи с чем смещение фокуса внимания управляющего только на результаты может приводить к неадекватному восприятию риска, конфликту интересов заинтересованных сторон и необоснованному занижению требований к результативности проектов.

Любая компания, в том числе при осуществлении инновационной деятельности, действует в условиях ограниченности или недоступности некоторых необходимых ресурсов, что затрудняет или делает невозможным получение запланированных результатов. Представляется необходимым оценивать эффективность деятельности подразделений компании при осуществлении инноваций в условиях ограниченности и недостаточности ресурсов, то есть учитывать не только результат за прошедший период, но и начальные базовые показатели условий функционирования.

В исследовании российского рынка крупных технологических компаний [4] отмечается, что достижение стратегических целей, в том числе в области инноваций, возможно только в случае учета текущего уровня инновационной зрелости, правильного распределения ресурсов и адаптивного управления. В связи с чем авторами предлагается модель управления компанией, основанная на определении двух групп ключевых показателей: показателей действий и результатов инноваций. Особенностью модели является включение в нее инструментов самодиагностики, позволяющих определить текущие возможности подразделений и компании в целом, в результате чего можно сформировать адекватные требования к результатам процессов. Такой подход в большей степени соответствует специфике деятельности подразделений, занимающихся НИОКР и инновациями, однако данное исследование предлагает лишь подход к управлению, не выделяя при этом конкретных показателей, модели оценки, по которой можно было бы идентифицировать верное управляющее воздействие для достижения необходимых результатов.

Согласно подходу [5], система управления предприятием, занятым исследованиями и разработками, должна строиться на интегральной оценке двух направлений: исследовательского и производственного. При этом для согласованного управления на стратегическом и операционном уровнях предлагается матрица показателей. На стратегическом уровне цели задаются через традиционные проекции системы сбалансированных показателей (ССП): финансы, клиенты, бизнес-процессы, персонал. На операционном уровне достижение стратегических целей по каждой из проекций определяется через совокупность ключевых показателей эффективности (КПИ) по направлениям: финансы, сбыт, снабжение, НИОКР, производство, персонал. Такой подход представляется достаточно обоснованным, так как обеспечивает достижение стратегических установок через выполнение КПИ, при этом дает возможность отслеживать деятельность подразделений, отвечающих за различные операционные показатели, и управлять ими по мере реализации проектов и снятия неопределенностей внешней среды. Однако такой подход позволяет идентифицировать стратегические цели, но не учитывает их во взаимосвязи и перекрестном влиянии друг на друга. Таким образом, достижение каждой цели осуществляется изолированно и без взаимной увязки с другими проекциями.

Современный взгляд на управление деятельностью наукоемким предприятием в контексте цифровизации представлен в работе [6]. Его суть заключается в использовании процессного, а не функционального подхода к управлению, на основании которого для каждого подразделения устанавливаются не функции в инновационной деятельности, а требования к ее результатам (промежуточным и конечным). На основании требований каждое подразделение устанавливает последовательность процессов и объем необходимых ресурсов для достижения этих результатов с заданным уровнем качества. Эффективность деятельности подразделения оценивается через управление по отклонениям, то есть для каждого показателя результата оценивается степень его достижения. Среди критериев, оценивающих качество управления процессами, авторы выделяют количество процессов, выполненных без отклонений, и потребовавших корректировки, количество рекламаций в отчетном периоде, время, затраченное на устранение несоответствий, и трудоемкость такой доработки.

У процессного подхода есть существенное преимущество – он учитывает количество и качество ресурсов, подаваемых на вход процесса. Соответственно, если наблюдаются отклонения по входу, автоматически пересчитываются по-

казатели результативности. Также при реализации управления можно отслеживать нераациональное использование ресурсов и перерасход средств. Дополнительным преимуществом является возможность отслеживать не только достижение результатов процессов, но и выполнение плановых сроков реализации проектов, изменения, вносимые в процессах, отклонения по бюджету и т.д. Однако представление модели системы предприятия в виде совокупности процессов не учитывает возможности их взаимного влияния, таким образом, корректировки в одной части системы не находят отражения в других подсистемах. Кроме того, учет в качестве критериев только количественных показателей без учета качественных характеристик этих отклонений представляется недостаточным. Как отмечалось ранее, отклонения по одному результату могут компенсироваться превышением по-другому. Учет такого взаимного влияния является важной характеристикой эффективности деятельности подразделений в контексте интегральной оценки.

Современные условия требуют от предприятий новых подходов мониторинга и контроля [7]. Для целей управления, как отмечается в работе, целесообразно создавать отдельный орган в оргструктуре, отвечающий за управление инновационной деятельностью параллельно другим процессам управления. Это связано с тем, что процессы в сфере инноваций и прочие бизнес-процессы внутри компании кардинально отличаются по уровню неопределенности, требуемым ресурсам, продолжительности жизненного цикла, что указывает на невозможность использования стандартных моделей управления применительно к подразделениям, связанным с инновациями. Таким образом, СПП таких подразделений должны отличаться от общей модели СПП предприятия, чтобы разрабатываемые стратегии были действительно эффективны.

Одна из немногих работ, посвященных оценке эффективности деятельности отдельного подразделения компании [8], предлагает следующие критерии: оценка вклада структурного подразделения в создаваемую потребительскую ценность продукции, эффективность выполнения задач подразделением в сравнении с передачей этих услуг на аутсорсинг, а также на основе рыночной стоимости аналогичных услуг. Такой подход отвечает целям современного управления, так как учитывает специфику каждого бизнес-направления внутри компании и учитывает особенности ее внутренних подразделений. В контексте инновационной деятельности такой подход представляется недостаточным, так как ориентирован на финансовые показатели результативности деятельности и показатели издержек. Применительно к инновациям

необходимо оценивать не только критерии прибыльности и уровня затрат, но и степень выполнения планов по проектам, степень отклонения от первоначальной концепции продукта, а также учитывать вариативность этих показателей в динамике.

Таким образом, анализ работ в сфере управления подразделениями, вовлеченными в инновационную деятельность, показал наличие необходимости разделения концепции управления традиционными бизнес-процессами компании, и бизнес-процессами, связанными с исследованиями, разработками и производством инноваций. Можно сделать вывод, что способ оценки эффективности системы управления должен обладать следующими характеристиками:

1) ориентацией на деятельность отдельных подразделений, с учетом вклада каждого из них в конечный результат;

2) учетом текущего состояния инноваций и НИОКР в подразделениях на начало отчетного периода;

3) учетом проектных метрик, отражающие не только степень достижения финансовых целей, но учитывающих технологическую готовность инноваций: выполнение планов по срокам, качеству, бюджету;

4) учетом количества вносимых в процессе реализации изменений;

5) включением в проекции системы сбалансированных показателей ССП дополнительного измерения, относящимся к инновациям;

6) оценка должна учитывать изменение показателей в динамике.

СПОСОБ ОЦЕНКИ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ РАЗРАБОТКИ НОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Учитывая математическую модель, предложенную в [9], рассмотрим процесс функционирования подразделений, занимающихся разработкой инновационной продукции, и представим его оценку в виде (1):

$$F(t) = F(f_0(t_0), f_1(X_1(t), X_2(t), \dots, X_n(t)), f_2(r, a, t)), (1)$$

где $F(t)$ – обобщенная оценка организационной структуры подразделения в момент t ;

$f_0(t_0)$ – вектор показателей, характеризующих базовые параметры функционирования подразделения на начало рассматриваемого периода t_0 ;

f_1 – вектор показателей, характеризующий эффективность разработки новой продукции X_n , с которыми ведется работа, к моменту времени t ;

f_2 – вектор показателей, характеризующих выполнение плановых заданий r с учетом имеющихся ресурсов a в момент времени t ;

n – количество разработок, с которыми работает подразделение.

Выражение (1) требует определение всех векторов показателей, вида взаимосвязи между ними. Рассмотрим показатели для каждого вектора.

Анализ показателей [1, 2, 4], характеризующих эффективность инновационной деятельности, позволил выделить наиболее общие для оценки f_0 и применимые для оценки на уровне подразделений:

- количество полученных охраноспособных результатов интеллектуальной деятельности ($f_{0,1}$);

- количество полученных результатов интеллектуальной деятельности ($f_{0,2}$);

- общее количество сотрудников ($f_{0,3}$);

- доля научных сотрудников ($f_{0,4}$);

доля затрат на НИОКР и ОКР в общих расходах компании на эти цели ($f_{0,5}$);

- доля затрат на статьи затрат подразделения в общих расходах компании по каждой из статей ($f_{0,6}$). В качестве статей рекомендуется использовать заработную плату, общехозяйственные расходы, транспортные расходы, аренда, расходы на командировки;

- доля общехозяйственных затрат подразделения ($f_{0,7}$);

- коэффициент успешно выполненных задач/работ, стоящих перед подразделением ($f_{0,8}$);

- количество предложений по модификации или созданию новой продукции или технологии ($f_{0,9}$);

- доля работ по разработкам, выполненных сотрудниками подразделения, в общем объеме работ, контролируемых подразделением ($f_{0,10}$);

- среднее время, которое затрачивает подразделение на 1 разработку ($f_{0,11}$);

- среднее количество прототипов на новый продукт ($f_{0,12}$);

- средняя выработка на 1 сотрудника (количество успешных разработок) ($f_{0,13}$).

Для определения показателей вектора f_1 рассмотрим разработку как инновационный проект. В таком случае можем выделить:

- значение технологического или интегрального уровня готовности технологии [10] ($f_{1,1}$);

- количество внесенных изменений в разработку ($f_{1,2}$);

- индекс выполнения стоимости ($f_{1,3}$). Рассчитывается относительно работ, планируемых к выполнению подразделением;

- индекс выполнения сроков ($f_{1,4}$). Рассчитывается относительно работ, планируемых к выполнению подразделением;

- изменение бюджета по завершению относительно базового периода ($f_{1,5}$);

- коэффициент выполнения показателей качества разработки ($f_{1,6}$).

Последний вектор показателей соответствует достижению целей компании, которые

декомпозированы до уровня отдельных структурных подразделений. Распространённым подходом определения целей предприятия является методика системы сбалансированных показателей [11-13]. Учитывая особый характер деятельности предприятия по разработке новой продукции, следует, как предложено в [14], выделить дополнительную проекцию ССП – «Инновации».

Характер взаимосвязи показателей (1) для определения совокупной оценки состояния подразделения предлагается выражать через коэффициенты значимости в виде (2):

$$F(t) = f_0(t_0) * k_1 + f_1(X_1(t), X_2(t), \dots, X_n(t)) * k_2 + f_2(r, a, t) * k_3, \quad (2)$$

где k_i – коэффициент значимости i -го вектора показателей, а сумма $k_0+k_1+k_2=1$;

Для определения управляющего воздействия сформируем механизм управления [15], представив модель (1) в следующем виде (3):

$$F(t) = (f_0(t_0 - 1), f_1(X_1(t - 1), X_2(t - 1), \dots, X_n(t - 1)), f_2(r, a, t - 1, u(t - 1)), v(t)), \quad (3)$$

где $u(t)$ – управляющее воздействие по использованию и распределению ресурсов для хозяйствования подразделения и выполнения разработки в момент времени t ;

$v(t)$ – вектор параметров, оценивающих влияние внешней среды на функционирование подразделения в момент времени t .

Используя простейший адаптивный алгоритм подстройки параметров для нелинейной модели, определим значение вектора параметра v в момент времени t (4):

$$v(t) = v(t - 1) + \frac{(F^*(t) - F(t|v(t - 1)))}{\omega^T(t) * \omega(t)} * \omega(t), \quad (4)$$

где $w(t)$ – вектор функций чувствительности входов и выходов модели к ее параметрам, определяемый на основе измерений значения выходов и входов подразделения [15];

F^* – плановое значение модели в момент времени t .

Другим способом определения вектора параметров v может являться экспертный подход, основанный на результатах SWOT, PEST или других методах анализа внешней среды.

Для расчета необходимых управляющих воздействий, исходя из (4), воспользуемся локальным квадратичным критерием оптимальности (5):

$$I(u) = \min_{u_{min}(t) \leq u_{opt}(t) \leq u_{max}(t)} (F(t + 1|v(t)) - F^*(t + 1))^2, \quad (5)$$

В случае наличия ограничений значение управляющих воздействий будет определяться в рамках интервала или луча.

Полученное уравнение нахождения оптимального управляющего воздействия позволя-

ет адаптировать его для любых подразделений разработки новой продукции, учитывая их индивидуальные особенности. Рассмотрим основные задачи управления ресурсами и целями функционирования подразделения разработки новой продукции.

Задаваемые плановые показатели (f_2) могут быть реализуемыми к заданному моменту времени при достаточном количестве ресурсов и нереализуемыми при их отсутствии, что можно представить следующим образом (6):

$$f_2(r, a, t) = \begin{cases} f_2^+, & r|r(a) \neq \emptyset \\ f_2^-, & r|r(a) = \emptyset. \end{cases} \quad (6)$$

В первом случае у подразделения есть возможность выполнить все плановые задания с имеющимися ресурсами, и задача становится оптимизационной с поиском наиболее эффективного способа реализации в пересечении множеств плановых заданий и возможных результатов с учетом имеющихся ресурсов. При этом важным остается и определение оптимального маршрута для достижения всех поставленных целей в рассматриваемом периоде времени, что схематично представлено на рис. 2.

На рис. 2 область пересечения двух множеств R и $R(A)$ является полем возможных значений функции f_2 . При этом в каждый момент времени значение функции может изменяться в результате функционирования объекта или влияния внешних факторов. Так, например, значение функции f_2 в момент времени t_1 является неоптимальным, то есть плановый результат невозможно достигнуть с имеющимися ресурсами. Важным при функционировании и управления работой отдельного объекта инновационной инфраструктуры является максимизация количества промежуточных результатов, находящихся в пересечении множеств на временном отрезке от t_n до t_{n+1} . На рис. 1 наиболее оптимальным путем от значения функции в t_1 до t_2 является кривая с номером 2.

Повышение эффективности распределения ресурсов и планирования деятельности подразделения разработки новой продукции требует увеличения количества промежуточных результатов, а сама функция будет стремиться к достижению лучшего результата (7):

$$\{f_2(r, a, t) \in R \cup R(A) | t = t + \Delta t, \Delta t \rightarrow 0\}, \quad (7)$$

Другая ситуация возникает в случае отсутствия ресурсов для полной реализации плановых заданий. Множество возможных к достижению результатов ($r(a)$) и множество целей (r) не пересекается, решением является поиск минимального расстояния между точкой в множестве $r(a)$ и множеством r . Схематично данная задача обозначена на рис. 2.

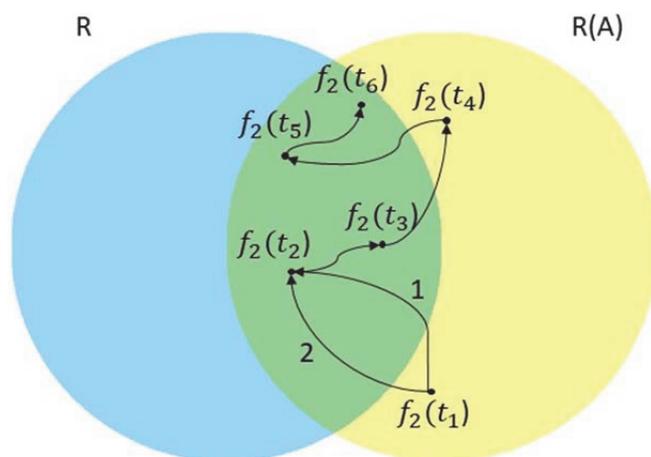


Рис. 1. Схема задачи поиска оптимального пути достижения плана

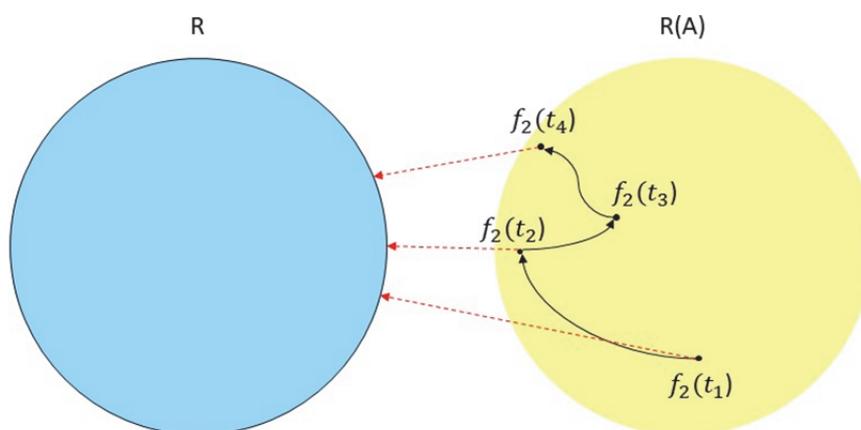


Рис. 2. Схема задачи поиска минимизации отклонений использования ресурсов

Так же, как и для первой задачи, требуется эффективно определять путь (промежуточные результаты) для более эффективного распределения и использования ресурсов. При их нехватке должно обеспечиваться минимальное отклонение в каждой точке f_2 при шаге $t + \Delta t, \Delta t \rightarrow 0$, то есть (8):

$$\sum_{i=1}^n d(f_2(r, a, t + \Delta t * n), r) = \min, \Delta t \rightarrow 0, (8)$$

где $n = 1, 2, 3, \dots$, а значение $f_2(r, a, t + \Delta t) \in R(A), r \in R$.

Таким образом, для управления подразделением разработки новой продукции возможно определять совокупность плановых значений в соответствии с количеством плановых периодов. В конце каждого периода анализ отклонений по каждой из составляющих позволяет выработать корректирующие мероприятия. Для приведения к единому числовому значению отклонения от плана для каждой составляющей и отдельных показателей возможно определять весовые коэффициенты в соответствии со стратегией и приоритетами развития предприятия. Управляющее воздействие и определяет изменение распределения ресурсов между выполняемыми задачами.

Полученный обобщенный механизм управления объектами инновационной инфраструктуры может быть применим как к существующим

подразделениям, так и к планируемым к созданию. В каждом частном случае функциональная связь между параметрами модели будет отличаться в зависимости от ее типа, подхода к управлению и внешней среды.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ РАЗРАБОТКИ ООО «КОМПАНИЯ ИМПРИНТА»

Рассмотрим применение предложенного способа для оценки подразделений разработки экструзионных 3D-принтеров компании ООО «Компания ИМПРИНТА». Компания является одним из ведущих производителей 3D-принтеров экструзионной печати на российском рынке. Работа над проектами в отделах создания новой продукции выполняется с использованием метода SCRUM. В составе структуры разработки компании входят 3 подразделения:

- конструкторский отдел, задачей в соответствии с планом работы которого является разработка конструкторских решений. Создаваемые технические решения должны соответствовать техническим характеристикам нового продукта, быть простым в использовании и обладать свойством ремонтпригодности;

- отдел эксплуатации продуктов, основная деятельность которого направлена на разработку программного обеспечения, контроль разработки подрядчиками новых композитных материалов и создание профилей печати 3D-принтеров для всех материалов;

- отдел продакт-маркетинга. Задачами отдела является определение требований к качеству новой продукции (включая определение функционала и характеристик), формирование сценариев использования продукции и разработка концепции промышленного дизайна и интерфейса 3D-принтеров.

Показатели f_0 каждого подразделения с учетом итогов 1 квартала 2022 года представлены в табл. 1. Наибольший вклад в создание новой продукции оказывает конструкторский отдел, однако средняя выработка его сотрудников ниже. Отдел продакт-маркетинга напрямую не влияет на получение результатов интеллектуальной деятельности за исключением программного обеспечения в части разработки программного интерфейса и промышленного дизайна 3D-принтеров.

В деятельности отдела эксплуатации продукции имеется большое количество изменений в проектах по разработке, связанные с получением обратной связи и корректировкой на ее основе

программного обеспечения. При разработке оптимального состава материала было зафиксировано всего 2 изменения. Низкая доля самостоятельно выполненных работ ($f_{0,10}$) связано с тем, что практически все работы по модификации программного обеспечения и подбору состава материалов ведутся сторонними компания-партнерами.

В настоящий момент в компании ведется несколько разработок 3D-принтеров (3 модели), 1 композитного материала для 3D-печати, 2 программных обеспечений для 3D-принтеров. Изменение показателей эффективности по каждой разработке в динамике за январь-апрель 2022 года представлены в таблице 2.

В ООО «Компания ИМПРИНТА» определен ряд ключевых показателей функционирования компании на 1-2 квартал 2022 года, из которых 7 целей относятся к деятельности оцениваемых подразделений (r):

- выпустить модель 3D-принтера №1 в первом квартале (r_1);
- выпустить модель 3D-принтера №2 во втором квартале (r_2);
- выпустить модель 3D-принтера №3 во втором квартале (r_3);
- выпустить композитный материал для 3D-печати на основе полиамидов во втором квартале (r_4);

Таблица 1. Показатели, характеризующие эффективность инновационной деятельности подразделений ООО «Компания ИМПРИНТА»

Показатель	Конструкторский отдел	Отдел эксплуатации продуктов	Отдел продакт-маркетинга	Среднее значение
$f_{0,1}$	10	3	0	4,33
$f_{0,2}$	28	11	3	14,00
$f_{0,3}$	4	2	2	2,67
$f_{0,4}$	1	0,5	0,5	0,67
$f_{0,5}$	0,76	0,20	0,04	0,33
$f_{0,6}$	0,18	0,05	0,03	0,09
$f_{0,7}$	0,11	0,08	0,04	0,08
$f_{0,8}$	0,85	0,9	0,75	0,83
$f_{0,9}$	34	45	17	32,00
$f_{0,10}$	0,95	0,3	0,8	0,68
$f_{0,11}$	11 месяцев	4 месяца	6 месяцев	7 месяцев
$f_{0,12}$	3	41	3	15,67
$f_{0,13}$	3,5	5,5	7	5,33

Таблица 2. Динамика показателей эффективности работы с проектами подразделений разработки экструзионных 3D-принтеров ООО «Компания ИМПРИНТА»

Показатель	Месяц	3D-принтера №1	3D-принтера №2	3D-принтера №3	Материал для 3D-печати	ПО №1	ПО №2
f _{1,1}	Январь	6	5	4	1	3	3
	Февраль	6	6	5	3	5	4
	Март	8	6	5	6	6	5
	Апрель	9	7	6	8	7	6
f _{1,2}	Январь	0,00	2,00	2,00	0,00	3,00	1,00
	Февраль	2,00	2,00	2,00	1,00	7,00	3,00
	Март	8,00	5,00	6,00	2,00	11,00	5,00
	Апрель	22,00	14,00	18,00	3,00	22,00	11,00
f _{1,3}	Январь	1	1	1	0,71	-	-
	Февраль	1	1	1	1,22	-	-
	Март	1	0,99	0,99	1	-	-
	Апрель	1	0,99	0,99	1,13	0,77	0,77
f _{1,4}	Январь	0,7	0,6	0,6	1	0,8	0,8
	Февраль	1	0,8	0,8	1	0,8	0,8
	Март	0,9	0,8	0,8	0,95	0,9	0,9
	Апрель	0,9	0,85	0,85	1,1	1,1	1,1
f _{1,5}	Январь	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Февраль	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Март	0,04	0,28	0,34	0,00	0,00	0,00
	Апрель	0,04	0,30	0,37	-0,03	0,12	-0,03
f _{1,6}	Январь	0,65	0,6	0,5	0	0,1	0,1
	Февраль	0,7	0,6	0,5	0,3	0,31	0,34
	Март	0,7	0,68	0,68	0,7	0,67	0,61
	Апрель	0,8	0,75	0,75	1	0,8	0,7

- получить сертификат о происхождении товара для моделей 3D-принтеров №1, №2 и №3 (r_3);
 - получить сертификат о соответствии директивам Европейского союза для моделей 3D-принтеров №1, №2 и №3 (r_6).

Степень достижения целей отслеживается в виде процента закрытых инкрементов к их общему числу согласно методике SCRUM.

Динамика выполнения каждой из целей представлена на рис. 3.

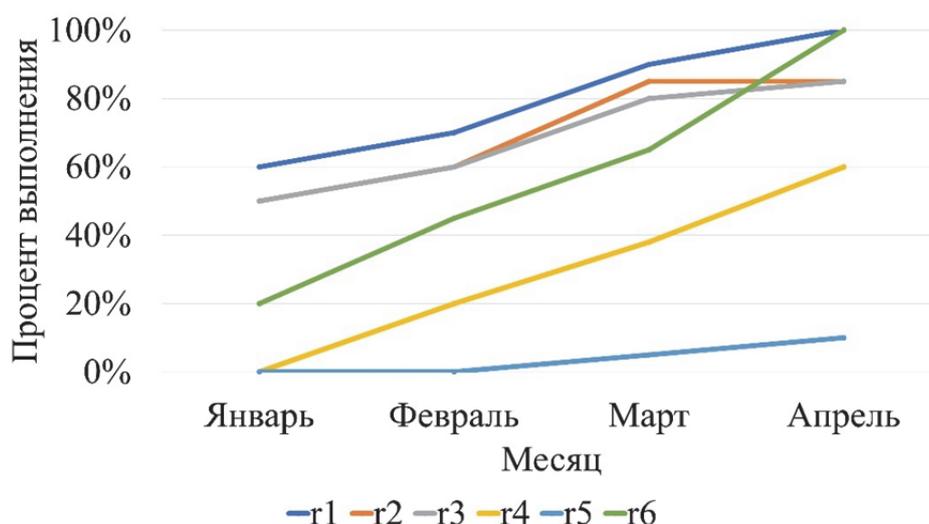


Рис. 3. Динамика выполнения ключевых целей ООО «Компания ИМПРИНТА»

Произведем нормализацию данных показателей по методу минимакс, а на основании опроса руководителей ООО «Компания ИМПРИНТА» определим весовые коэффициенты для каждого показателя в трех группах. Результаты представлены в табл.3.

Таблица 3. Параметры нормализации и весовые коэффициенты

Показатель	Минимальное значение	Максимальное значение	Весовой коэффициент
$f_{0,1}$	0	10	0,04
$f_{0,2}$	0	28	0,1
$f_{0,3}$	0	4	0,05
$f_{0,4}$	0	1	0,08
$f_{0,5}$	0	1	0,1
$f_{0,6}$	0	1	0,04
$f_{0,7}$	0	1	0,15
$f_{0,8}$	0	1	0,08
$f_{0,9}$	0	45	0,08
$f_{0,10}$	0	1	0,07
$f_{0,11}$	0	11	0,12
$f_{0,12}$	0	41	0,05
$f_{0,13}$	0	7	0,04
k_1			0,25
$f_{1,1}$	1	9	0,25
$f_{1,2}$	0	22	0,1
$f_{1,3}$	0	1,22	0,15

Таблица 3. Параметры нормализации и весовые коэффициенты (окончание)

$f_{1,4}$	0	1,1	0,25
$f_{1,5}$	-0,03	0,37	0,1
$f_{1,6}$	0	1	0,15
k_2			0,3
k_3			0,45

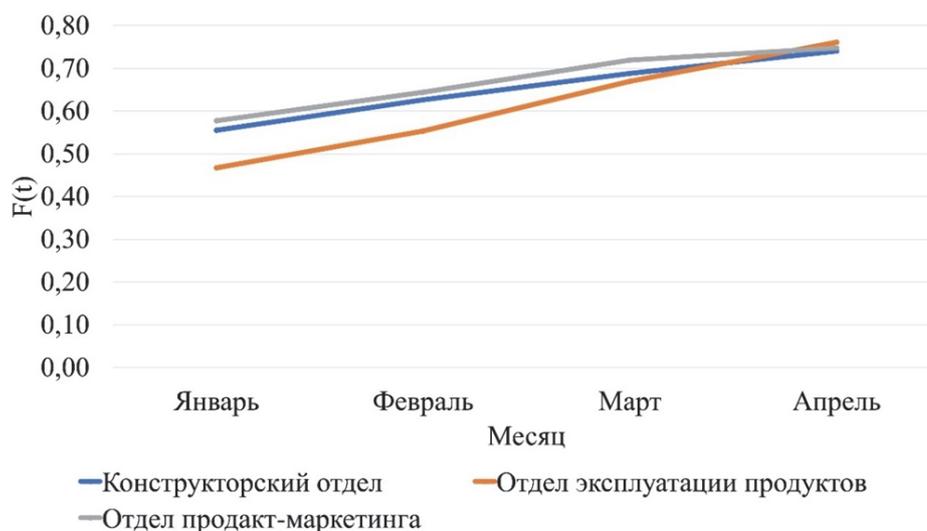


Рис. 4. Динамика показателя эффективности подразделение ООО «Компания ИМПРИНТА»

Итоговый показатель эффективности работы отдельных подразделений структуры создания новой продукции $F(t)$ имеет следующие изменения во времени (рис. 4).

Уменьшение скорости изменения показателя эффективности в марте и апреле связано с увеличением количества нововведений, которые вносились в разрабатываемую компанией продукцию.

Полученные результаты показывают необходимость уменьшения времени разработки продукции конструкторским отделом. Показатели эффективности могут быть использованы для оценки сценариев развития подразделений и их возможного влияния на разработки новых продуктов компании.

ВЫВОДЫ

Предложенный способ оценки подразделений предприятия, занимающихся разработкой новой продукции, может служить основой различных сценариев трансформации отделов в течение рассматриваемого периода.

Адаптивный механизм управления при решении задачи распределения ресурсов для максимизации достижения поставленных целей может быть интегрирован в имитационные модели функционирования предприятия или раз-

работки новой продукции.

Результаты апробации способа оценки на примере компании, занимающейся разработкой экструзионных 3D-принтеров, а также материалов и программного обеспечения к нему, показали возможность проводить динамическую оценку изменения эффективности. На основе проведенного анализа были выявлены проблемы функционирования подразделений и направления по повышению эффективности подразделений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яшин, С.Н. Оценка эффективности инновационной деятельности: учебник / С. Н. Яшин, И. Л. Тукель, Е. В. Кошелев, С. А. Макаров, Ю. С. Коробова. — Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского государственного университета, 2018. — 409 с.
2. Трачук, А.В. Инновационная деятельность промышленных компаний: измерение и оценка эффективности / А.В. Трачук, Н.В. Линдер // Стратегические решения и риск-менеджмент. 2019. Т. 10. № 2. С. 108–121.
3. Приложение № 4. Сведения об инновационной деятельности организации (Форма N 4-инновация (годовая), код формы по ОКУД 0604017) / Приказ Росстата от 30.07.2020 № 424 (ред. от 26.02.2021) «Об утверждении форм федерального статистического наблюдения для организации федерального статистического наблюдения за де-

- тельность в сфере образования, науки, инноваций и информационных технологий».
4. Модель повышения инновационной открытости крупных компаний: исследование / Н. Голубев, А. Назаров, А. Козлов [и др.]. М.: Агентство стратегических инициатив. 2019. 189 с.
 5. Чумаков, А.Г. Методологические аспекты контроллинга научно-производственного предприятия: автореф. дис. ... канд. экон. наук / А.Г. Чумаков. Нижний Новгород, 2012. 24 с.
 6. Логунова, И.В. Методология управления качеством процессов на основе цифровых стандартов деятельности наукоемкого предприятия / И.В. Логунова, К.С. Кривякин, В.Н. Родионова // Организатор производства. 2021. № 1 (29). С.7-20.
 7. Кадеева, Е.Н. Особенности реализации концепции контроллинга в системе управления НИОКР наукоемкого предприятия / Е.Н. Кадеева, А.С. Поникарова, И.В. Гилязутдинова, З.К. Кадеев // Вестник экономики, права и социологии. 2019. № 3. С.32-36.
 8. Козырь Ю.В. Оценка структурных подразделений компании / Ю.В. Козырь // Имущественные отношения в РФ. 2011. № 3(114). С.38-45.
 9. Business incubator assessment model / A.K. Moskalev, A.E. Petrunina, N.S. Tsygankov [and other] // IOP conference series: materials science and engineering. 2020. № 986. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/986/1/012016> (дата обращения 08.05.2022).
 10. The level of generalized technology readiness of the Smart House automation systems / O.V. Kalashnikova, A.E. Petrunina, N.S. Tsygankov [and other] // IOP conference series: materials science and engineering. 2019. №666. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/666/1/012063> (дата обращения 08.05.2022).
 11. Каплан, Р.С. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию / Р.С. Каплан, Д.П. Нортон. М.: Олимп-Бизнес, 2003. 210 с.
 12. Hansen, E.G. Schaltegger S. Sustainability Balanced Scorecards and their Architectures: Irrelevant or Misunderstood? // Journal of Business Ethics. – 2018. – № 150. – P. 937-952.
 13. Frederico, G.F. Performance measurement for supply chains in the industry 4.0 era: A balanced scorecard approach / G.F. Frederico, J.A. Garza-Reyes, A. Kumar, V. Kumar // International Journal of Productivity and Performance Management. – 2020. – № 70. – № 4. – P. 789-807.
 14. Цыганков, Н.С. Сбалансированная система показателей эффективности инновационной инфраструктуры / Н.С. Цыганков, А.Э. Петрунина // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Естественные и технические науки». – 2022. – № 4. – С. 145-151.
 15. Бобцов, А.А. Методы адаптивного и робастного управления нелинейными объектами в приборостроении: учебное пособие для высших заведений / А.А. Бобцов, В.О. Никифоров, А.А. Пыркин [и др.]. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 277 с.

ASSESSMENT METHOD OF STATE OF DEVELOPMENT DIVISIONS OF EXTRUSION 3D PRINTERS

© 2022 N. S. Tsygankov, A. E. Petrunina

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

Many companies recognize the need to innovate their product portfolio. The use of traditional methods and approaches to assessing the activities of an enterprise does not allow to identify the contribution of innovative departments to the overall result of the company. The purpose of the study is to develop a method for evaluating individual units involved in the development of new products. The paper identifies key assessment parameters that contribute to the consideration of three key groups of indicators: general characteristics of the innovative activity of departments, the effectiveness of working with new products and the achievement of the goals of the company's functioning. Specific parameters for each group of indicators are proposed, which makes it possible to evaluate the effectiveness of the development organizational structure. Based on the proposed metrics, an integral assessment was obtained and the procedure for its calculation was determined. In accordance with the strategy and priorities of the development of the enterprise, it is possible to determine weighting factors for each component and individual indicators. To adjust the activities of departments to achieve the goals set, the procedure for searching for control action is determined. Two control problems are considered with a sufficient amount of resources and their limitations. In the first case, the department has the opportunity to complete all the planned tasks with the available resources, respectively, the task becomes an optimization one with the search for the most effective way of implementation at the intersection of the sets of planned tasks and possible results. In the second case, it is required to ensure the minimum deviation at each point at the minimum step due to the distribution and use of resources. The possibility of using the developed method to dynamically assess changes in the efficiency of individual organizational structures is demonstrated using the example of three divisions of LLC "Kompaniya IMPRINTA" involved in the development of additive equipment and technologies, including extrusion 3D printers, materials and software. Based on the analysis of the dynamics of changes in the integral assessment of the divisions of LLC "Kompaniya IMPRINTA", the problems of their functioning were identified and directions for improving the efficiency of divisions were identified, such as the development of a employee motivation system to increase the number of proposed development ideas by the product marketing department and the development of measures to reduce the share of work performed by the department operation of the product with the involvement of third-party companies.

Keywords: development, management, organization of production, products, process, mathematical model, innovations, 3D printer, efficiency, states, organizational structure, method.

DOI: 10.37313/1990-5378-2022-24-4-75-86

REFERENCES

1. *Yashin, S.N.* Ocenka effektivnosti innovacionnoj deyatel'nosti: uchebnyk / S. N. Yashin, I. L. Tukkel', E. V. Koshelev, S. A. Makarov, Yu. S. Korobova. – Nizhnij Novgorod: Izd-vo Nizhegorodskogo gosuniversiteta, 2018. – 409 s.
2. *Trachuk, A.V.* Innovacionnaya deyatel'nost' promyshlennykh kompanij: izmerenie i ocenka effektivnosti / A.V. Trachuk, N.V. Linder // Strategicheskie resheniya i risk-menedzhment. 2019. – T. 10. – № 2. – S. 108-121.
3. Prilozhenie № 4. Svedeniya ob innovacionnoj deyatel'nosti organizacii (Forma N 4-innovaciya (godovaya), kod formy po OKUD 0604017) / Prikaz Rosstata ot 30.07.2020 № 424 (red. ot 26.02.2021) «Ob utverzhdenii form federal'nogo statisticheskogo nablyudeniya dlya organizacii federal'nogo statisticheskogo nablyudeniya za deyatel'nost'yu v sfere obrazovaniya, nauki, innovacij i informacionnykh tekhnologij».
4. *Golubev, N.* Model' povysheniya innovacionnoj otkrytosti krupnykh kompanij: issledovanie / N. Golubev, A. Nazarov, A. Kozlov [i dr.]. M.: Agentstvo strategicheskikh iniciativ. 2019. 189 s.
5. *Chumakov, A.G.* Metodologicheskie aspekty kontrollinga nauchno-proizvodstvennogo predpriyatiya: avtoref. dis. ... kand. ekon. nauk / A.G. Chumakov. – Nizhnij Novgorod, 2012. – 24 c.
6. *Logunova, I.V.* Metodologiya upravleniya kachestvom processov na osnove cifrovyykh standartov deyatel'nosti naukoemkogo predpriyatiya / I.V. Logunova, K.S. Krivyakin, V.N. Rodionova // Organizator proizvodstva. – 2021. – № 1 (29). – C.7-20.
7. *Kadeeva, E.N.* Osobennosti realizacii koncepcii kontrollinga v sisteme upravleniya NIOKR naukoemkogo predpriyatiya / E.N. Kadeeva, A.S. Ponikarova, I.V. Gilyazutdinova, Z.K. Kadeev // Vestnik ekonomiki, prava i sociologii. – 2019. – № 3. – C.32-36.
8. *Kozyr' Yu.V.* Ocenka strukturnykh podrazdelenij kompanii / Yu.V. Kozyr' // Imushchestvennye otnosheniya v RF. – 2011. – № 3(114). – C.38-45.
9. *Moskalev, A.K.* Business incubator assessment model / A.K. Moskalev, A.E. Petrunina, N.S. Tsygankov [and other] // IOP conference series: materials science and engineering. 2020. № 986. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/986/1/012016> (data obrashcheniya 08.05.2022).
10. *Kalashnikova, O.V.* The level of generalized technology readiness of the Smart House automation systems / O.V. Kalashnikova, A.E. Petrunina, N.S. Tsygankov [and other] // IOP conference series: materials science and engineering. – 2019. – № 666. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/666/1/012063> (data obrashcheniya 08.05.2022).
11. *Kaplan, R.S.* Sbalansirovannaya sistema pokazatelej. Ot strategii k dejstviyu / R.S. Kaplan, D.P. Norton. – M.: Olimp-Biznes, 2003. – 210 s.
12. *Hansen E.G.* Schaltegger S. Sustainability Balanced Scorecards and their Architectures: Irrelevant or Misunderstood? // Journal of Business Ethics. – 2018. – № 150. – P. 937-952.
13. *Frederico, G.F.* Performance measurement for supply chains in the industry 4.0 era: A balanced scorecard approach / G.F. Frederico, J.A. Garza-Reyes, A. Kumar, V. Kumar // International Journal of Productivity and Performance Management. – 2020. – № 70. – № 4. – P. 789-807.
14. *Cygankov, N.S.* Sbalansirovannaya sistema pokazatelej effektivnosti innovacionnoj infrastruktury / N.S. Cygankov, A.E. Petrunina // Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Seriya «Estestvennye i tekhnicheskie nauki». – 2022. – № 4. – S. 145-151.
15. *Bobcov, A.A.* Metody adaptivnogo i robustnogo upravleniya nelinejnymi ob»ektami v priborostroenii: uchebnoe posobie dlya vysshih zavedenij / A.A. Bobcov, V.O. Nikiforov, A.A. Pyrkin [i dr.]. – SPb: NIU ITMO, 2013. – 277 s.

Nikita Tsygankov, Senior Lecturer at the Experimental Physics and Innovative Technologies Department Department.

E-mail: cyganikita@yandex.ru

Anastasia Petrunina, Senior Lecturer at the Experimental Physics and Innovative Technologies Department.

E-mail: kafedra_efit@bk.ru