

DOI: 10.18721/JE.11601

УДК

РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАРИЯ ОЦЕНКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

И.В. Лутошкин, С.В. Липатова, М.Н. Ярдаева

Ульяновский государственный университет, г. Ульяновск, Российская Федерация

Приводится описание реализации инструментария для оценки деятельности предприятия в условиях цифрового производства. Промышленным предприятиям мелко- или крупносерийного производства предлагается гибкая, интегрированная в информационную среду, естественно настраиваемая под специфику деятельности система по оценке деятельности предприятием, реализованная в WEB-ориентированной среде. Новизна предлагаемой системы заключается в поддерживаемом ею подходе оценки деятельности предприятия на основе анализа системы ключевых показателей эффективности (КПИ), бизнес-процессов и организационной структуры предприятия. Анализ данных производится программно, с участием ответственных лиц и экспертов в качестве исходных данных принимается статистическая накопленная информация. В инструментарии используется параметрическое описание расчетов показателей и статистические методы анализа взаимовлияния показателей. Для апробации предлагаемого подхода приводится вариант частичного применения инструментария к объекту транспортного машиностроения – авиастроительному предприятию АО «Авиастар-СП». Для данного предприятия выделено 17 ключевых показателей эффективности, определяющих его деятельность. Определены основные внутренние и внешние факторы, наиболее существенно влияющие на ключевые показатели, по мнению экспертов. В рамках статистического анализа построен граф корреляционных связей, дающий графическую интерпретацию механизму влияния на ключевые показатели. Данное решение удобно в практическом использовании, представляет простой и наглядный инструмент для топ-менеджеров. Для описания КПИ в рамках инфологической модели дается представление показателей в виде иерархического дерева. Инструмент оценивания позволяет обеспечить: гибкую настройку системы КПИ под требования конкретного предприятия (формирование структуры ключевых показателей); определение взаимосвязей между показателями на основе статистических данных; расчет интегральных показателей и получение срезов значений показателей по справочникам или измерениям; контроль за фактическими значениями показателей и выявление отклонений от плановых значений; прогнозирование изменений значений показателей на основе статистических данных и экспертных мнений. С учетом наличия на предприятиях своей информационной инфраструктуры предлагаемый инструментарий оценки деятельности станет надстройкой (интеграционным модулем) для уже внедренных информационных систем, что позволит эффективно осуществлять управленческую деятельность и гибко адаптировать систему управления к изменяющимся условиям внешней и внутренней среды.

Ключевые слова: автоматизация производства, оценка деятельности предприятия, цифровое производство, управление рисками, точно в срок, минимизация затрат

Ссылка при цитировании: Лутошкин И.В., Липатова С.В., Ярдаева М.Н. Разработка инструментария оценки деятельности предприятия в условиях цифрового производства // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2018. Т. 11, № 6. С. 9–21. DOI: 10.18721/JE.11601

DEVELOPING A TOOLBOX FOR EVALUATING ENTERPRISE PERFORMANCE IN THE CONDITIONS OF DIGITAL PRODUCTION

I.V. Lutoshkin, S.V. Lipatova, M.N. Yardaeva

Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, Russian Federation

The article describes implementing a toolbox for evaluating the enterprise performance in the conditions of digital production. A flexible system integrated into the information environment is offered to industrial enterprises of small- or large-scale production. It is naturally customizable for the specifics of enterprise management and implemented in a WEB-oriented environment. The novelty of the proposed system lies in its supported approach based on analysis of the system of key performance indicators (KPI), business processes and organizational structure of the enterprise. Data analysis is performed programmatically taking into account the statistical accumulated information with the participation of responsible persons and experts. The toolbox uses parametric description for the calculation of indicators and statistical methods for analyzing the mutual influence of indicators. To test the proposed approach, the study presents a variant partially applying the approach to a transport engineering object: AviaStar-SP JSC, an aircraft manufacturer. We have identified 17 groups of key performance indicators determining the company's performance for AviaStar-SP. In turn, the main internal and external factors that most significantly affect the key indicators according to experts have been determined. A graph of correlations was constructed within the framework of statistical analysis, giving a graphical interpretation of the mechanism of influence on key indicators. This solution is convenient in practical use, being a simple and clear model for top managers. To describe the KPI within the framework of the infological model, the indicators are presented in the form of a hierarchical tree. The assessment tool provides flexible configuration of the KPI system to the requirements of a particular enterprise (formation of the structure of key indicators); determining the interrelations between indicators on the basis of statistical data; calculating integral indicators and obtaining slices of the indicator values for the selected reference books or measurements; control over the actual indicator values and identifying deviations from the planned values; forecasting changes in indicator values based on statistical data and expert opinions. Since enterprises have their own information infrastructure, the proposed performance assessment toolbox should become an add-on (integration module) for information systems that have already been implemented, providing efficient management and flexible adaptation of the management system to the changing conditions of external and internal environments.

Keywords: production automation, enterprise performance assessment, digital production, risks management, just in time, cost minimization

Citation: I.V. Lutoshkin, S.V. Lipatova, M.N. Yardaeva, Developing a toolbox for evaluating enterprise performance in the conditions of digital production, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 11 (6) (2018) 9–21. DOI: 10.18721/JE.11601

Введение. Чтобы быть конкурентоспособным в условиях цифровой экономики, современному предприятию необходим переход на цифровое производство.¹ Взаимосвязь экономической и производственной деятельности [1] очевидна и

требует информационной поддержки бизнес-процессов предприятия, их контроля и оценки. Информационная поддержка должна обеспечивать эффективную оценку в режиме реального времени на всех уровнях, что позволит в дальнейшем своевременно реагировать на отклонения от плановых значений и приведет к снижению себестоимости, сокращению жизненного цикла изготовления изделий и повышению его качества.

Для обеспечения такой поддержки требуется доступ ко всем основным информационным сис-

¹ Цифровая экономика и ее влияние на конкурентоспособность предпринимательских структур // Российское предпринимательство. 2017. № 18 (24). С. 4078–4102; VI форум «Информационные технологии на службе оборонно-промышленного комплекса России». URL: итопк.рф (дата обращения: 30.10.2018).

темам предприятия. На большинстве предприятий задача построения единой информационной инфраструктуры решена в той или иной степени, но интеграция информационных систем без внедрения системы оценки и контроля производством не будет достаточно эффективна.

Оценивание деятельности предприятия – задача не новая, и уже существует множество методов ее решения:

- построение матрицы 3*3 для оценки технологической деятельности предприятия [2];
- групповой анализ и метод оценки конкурентоспособности предприятия на основе PLPO (закона логического частичного порядка) [3];
- модель оценки производительности предприятия на основе алгоритма DEA с блоком принятия решений [4];
- оценка производительности предприятия на основе модели FLI-GA [5];
- динамическая комплексная оценка инновационной способности предприятия [6];
- партнерский метод оценки доверия виртуального предприятия [7];
- оценка системы производства с дискретным методом моделирования [8];
- подход, сочетающий корреляционный анализ Пирсона с идентификацией ключевых показателей [9].

Все приведенные методы имеют свое узкоспецифическое предназначение, при этом развитие цифровых технологий формирует единую информационную среду и дает предпосылки к интеграции всех процессов и подходов к анализу деятельности предприятия. В связи с этим представляется актуальным разработка инструмента в виде информационной системы оценки деятельности предприятия. Для оценки рекомендуется использование ключевых показателей эффективности (KPI) и результативности (KRI) деятельности для основных (производство и др.) и вспомогательных (планирование, подготовка производства и др.) процессов². Под эффективностью понимается соотношение эффекта и

затрат, вызвавших этот эффект, что позволяет оценить различные «траектории» достижения результата с учетом затраченных ресурсов (финансы, персонал, время). Результативность – достижение стратегических и тактических целей показывает степень реализации запланированной деятельности и достижения запланированных результатов.

Информационная система для выполнения задачи оценки деятельности должна обеспечивать:

- гибкую настройку набора и структуры KPI и KRI, способную адаптироваться к быстро меняющимся условиям внешней и внутренней среды с учетом специфики предприятия;
- взаимосвязь KPI и KRI с бизнес-процессами предприятия, организационной структурой, функциями процессов (KPI и KRI должны быть четко распределены по зонам ответственности);
- расчет интегральных показателей KPI и KRI и получение срезов значений по справочникам на основе базовых значений;
- контроль отклонений от установленных норм KPI и KRI;
- анализ значений временных рядов показателей (парная и множественная регрессия), прогнозирование значений временных рядов показателей;
- возможность экспертного оценивания взаимосвязей показателей и способов их контроля.

Для реализации описанного выше функционала разработан макет информационной системы в виде Web-приложения.

Целью данного исследования является разработка инструментария оценки деятельности предприятия, включающего цифровые инструменты оценки, основанные на математических моделях различной природы. Таким образом, разрабатываемый инструмент должен иметь возможность:

- автоматизировать в режиме реального времени процессы оценки деятельности, консолидации информации и аналитической обработки данных;
- сокращать временные затраты и повышать производительность на анализ и оценку деятельности за счет автоматизации и информационной поддержки процессов;

² Парменер Д. Ключевые показатели эффективности. Разработка, внедрение и применение решающих показателей / пер. с англ. А. Платонова. М.: Олимп Бизнес, 2010. 288 с.

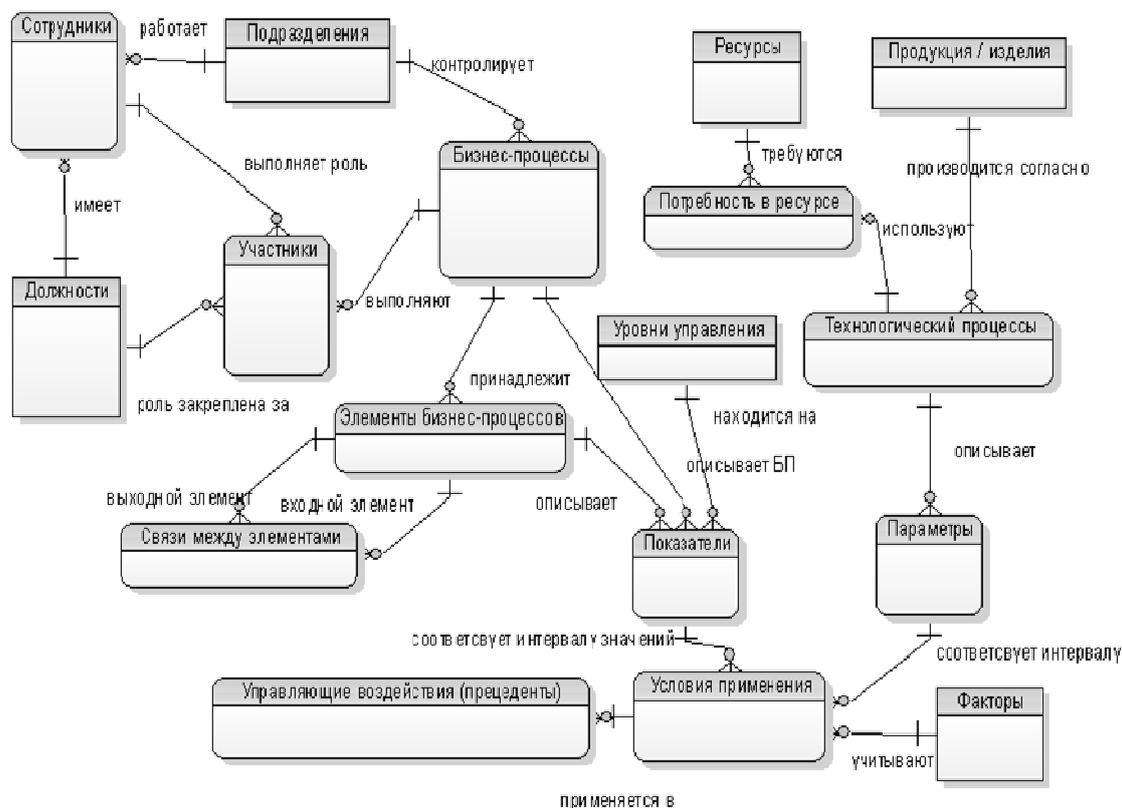


Рис. 1. Инфологическая модель оценки деятельности предприятия
Fig. 1. Infological model of enterprise performance assessment

– выявлять и оценивать влияние внешних и внутренних факторов на показатели с помощью механизма корреляционно-регрессионного анализа, что дает возможность принимать более эффективные решения.

Методика и результаты исследования. Для разработки и апробации инструментария необходимо детерминировать деятельность предприятия, выбранного в качестве объекта моделирования. В качестве такого объекта выбрано авиастроительное предприятие АО «Авиастар-СП», где в настоящий момент активно происходит переход к цифровому производству, автоматизируются рабочие места, совершенствуются информационные системы. При этом для комплексной оценки деятельности предприятия требуется единое информационное решение, в свою очередь, политика импортозамещения диктует нашим предприятиям использовать российские продукты.

Предлагаемый инструментарий оценки деятельности предприятия отличается от существующих тем, что содержит механизмы оценки

влияния внешних и внутренних факторов на показатели, а также учета экспертных оценок и результатов анализа прецедентных решений, анализа факторов влияния.

Формализация деятельности предприятия для последующей оценки. Для обеспечения оценки деятельности системе требуется доступ к различным объектам (рис. 1), которыми являются:

- организационная структура (подразделения, должности и сотрудники);
- деятельность (бизнес-процессы, уровни управления);
- ресурсы (материальные, трудовые и др.);
- условия производства продукции (технологические процессы);
- продукция (результаты деятельности как материальные, так и нематериальные);
- совокупность показателей деятельности предприятия;
- прецеденты управления (принятые ранее решения по улучшению показателей, результаты этих решений и условия, в которых они принимались).

В системе должна присутствовать система контрольных показателей. Этапами построения системы показателей являются три стандартных для любой KPI-системы [KPI Monitor, ELMA KPI, 1С: Предприятие 8.Управление целями и KPI, и др.] действия, а также дополнительные шаги, которые необходимы для обеспечения функций контроля и оценки:

- 1) определение наборов KPI/KRI в соответствии с целями организации для финансовой, производственной и социальной устойчивости;
- 2) определение уровней исполнения и закрепление ответственных за ввод данных в систему, исполнение, подписание KRI;
- 3) определение процессов, подпроцессов, задач, входящих и исходящих потоков данных, факторов (внутренних и внешних), влияющих на изменение значений KPI/KRI;
- 4) расчет интегральных показателей;
- 5) определение взаимосвязей между показателями (статистический анализ);
- 6) использование инструмента для принятия решений.

Рассмотрим эти шаги на примере авиастроительного предприятия АО «Авиастар-СП».

Шаг 1. Предлагаемый набор целей, KPI/KRI для финансовой, производственной и социальной устойчивости предприятия представим в таблице.

Система показателей визуализируется в виде дерева, в котором выделены следующие типы уровней: группа, перспектива (финансы, производство, персонал, продукт), процесс, ответственный за показатель подразделения.

Каждый показатель имеет сложную структуру: общая характеристика, место в организационной структуре, ответственные, измерения (справочники) и формула расчета (для показателя нижнего уровня); показатели выше по иерархии агрегируются и вычисляются автоматически (описание механизма расчета представлено в Шаге 4).

Для процесса «Планирование производства» показатели структурированы и представлены на рис. 2.

Показатели процесса разделены на четыре группы: персонал (как работают сотрудники),

бизнес-процессы (какие процессы выполняет персонал), продукт (результат выполнения процессов), финансы (финансовый результат выполнения процессов).

Так, например, показатель «производительность труда основных производственных рабочих» согласно следующей формуле состоит из показателей «валовый объем производства в расчетном периоде (ч/ч, руб.)» и «среднесписочная численность основных производственных рабочих (чел.)».

По степени важности контроля показателей для руководителей высшего звена показатели представлены иерархически «слева направо».

Шаг 2 и Шаг 3. Определение ответственных, процессов, входящих и исходящих потоков данных, а также этапы оценки показателей P_1-P_{17} наглядно продемонстрированы на рис. 3, 4.

После планирования производства получаем планируемые значения показателей P_1-P_{17} , затем производятся оценка и сравнение с желаемым состоянием. В случае невозможности повлиять на результат планирования разрабатывается план корректирующих и предупреждающих мероприятий на установленный временной горизонт планирования. Последующая оценка совершается в режиме текущего времени путем сравнения фактических значений показателей P_1-P_{17} (см. рис. 4) с их плановыми значениями.

Результаты полученных оценок подвергаются анализу, в случае отклонений от установленных норм, для системы показателей P_1-P_{17} разрабатываются корректирующие решения. Данные решения оценивают эксперты в информационной системе оценки деятельности предприятия, при этом учитывается их компетентность. Показатель компетентности экспертов рассчитывается автоматизированной системой на основе их накопленного статистического опыта. ЛПР, основываясь на оценках экспертной группы, утверждает набор решений, направленный на корректировку текущей ситуации в зависимости от внешних и внутренних факторов.

$$\begin{aligned} & \text{Производительность труда ОПР} = \\ & \frac{\text{Валовый объем производства} \\ & \text{в расчетном периоде (ч/ч, руб.)}}{\text{Среднесписочная численность ОПР (чел.)}} \end{aligned}$$

Цели, KPI/KRI для АО «Авиастар-СП»

Goals, KPI / KRI for Aviastar-SP JSC

Цели предприятия, KPI	KRI	Краткое обозначение KRI
Повышение прибыли, % увеличения прибыли за выбранный период	Прибыль, руб.	P_1
Снижение технологической себестоимости производимой продукции, % снижения технологической себестоимости продукции за выбранный период	Себестоимость продукции, руб.	P_2
Увеличение объема выпуска продукции, % увеличения объема выпуска продукции за период	Объем выпуска продукции, ед.; н-ч	P_3
Сокращение длительности цикла изготовления изделий, % сокращения длительности цикла изготавливаемых изделий за период	Длительность изготовления, н-ч	P_4
Снижение трудоемкости вновь производимой продукции, % снижения трудоемкости вновь продукции за период	Трудоемкость продукции, н-ч	P_5
Повышение качества продукции / Снижение брака, % повышения качества продукции за период / % снижения брака за период	Качество продукции, коэфф./брак, ед., н-ч	P_6
Сокращение объемов незавершенного производства, % сокращения объемов незавершенного производства	Объем незавершенного производства, н-ч; %	P_7
Повышение уровня комплектности сборочных единиц, % повышения уровня комплектности сборочных единиц за период	Комплектность, %	P_8
Повышение уровня ритмичности производства, % повышения уровня ритмичности производства за период	Ритмичность, %	P_9
Обеспечение основных производственных рабочих необходимыми производственными ресурсами, % обеспечения ОПР материальными ресурсами за период	Обеспеченность материальными ресурсами, %	P_{10}
Повышение эффективности работы персонала, % повышения эффективности работы персонала за период	Производительность труда, %	P_{11}
Соблюдение исполнения трудовой дисциплины, % соблюдения исполнения трудовой дисциплины за период	Исполнение трудовой дисциплины, %	P_{12}
Снижение текучести персонала, % снижения текучести персонала за период	Текучесть персонала, %	P_{13}
Регулирование потребной численности персонала под план производства, % регулирования потребной численности персонала за период	Потребная численность персонала, %	P_{14}
Повышение квалификации персонала, % повышения квалификации персонала за период	Уровень квалификации персонала, %	P_{15}
Повышение уровня автоматизации рабочих мест % повышения уровня автоматизации рабочих мест за период	Уровень автоматизации рабочих мест, %	P_{16}
Мотивация персонала, % замотивированных сотрудников за период	Заработная плата, руб.	P_{17}

Следующее необходимое действие в данном шаге (Шаг 3) – определение факторов (входящие потоки), влияющих на значения показателей KPI/KRI в ходе выполнения процессов

«Предварительная оценка процесса “Планирование производства”» (рис. 3) и «Оценка производственной и экономической деятельности» (рис. 4).



Рис. 2. Показатели процесса «Планирование производства»

Fig. 2. Indicators of the process «Production Planning»

Обоснование факторов внешней среды, таких как: институциональная среда, формируемая и формализуемая органами государственного управления; деятельность поставщиков и финансовых органов; требования потребителей (авиакомпаний); деятельность конкурентов; наукоемкие технологии в авиастроении, и других подробно изложено в [10]. Среди факторов внутренней среды ученые выделяют: средства производства, производственный цикл, трудовые ресурсы, материальные ресурсы, способы и методы управления.

Среди внешних факторов негативного воздействия и ограничений при производстве авиационной техники выделены следующие:

- ограниченная емкость рынка воздушных судов;
- усиление конкуренции со стороны иностранных производителей воздушных судов;
- возможность организации производства самолетов «Ту» на других авиационных заводах;

– недостаточная государственная поддержка производства самолетов;

- повышение ставок по кредитам и лизингу воздушных судов;
- вступление в ВТО и последствия для производства авиационной техники;
- снижение таможенных ограничений на импорт воздушных судов и комплектующих к ним;
- низкая инвестиционная привлекательность производства воздушных судов;
- санкции США и ряда европейских стран по военно-техническому сотрудничеству.

Среди внутренних факторов выделены следующие:

- морально устаревшее и физически изношенное оборудование;
- потеря темпов освоения новых технологий, проведения НИР и ОКР;
- отсутствие собственных оборотных средств для организации производства воздушных судов;

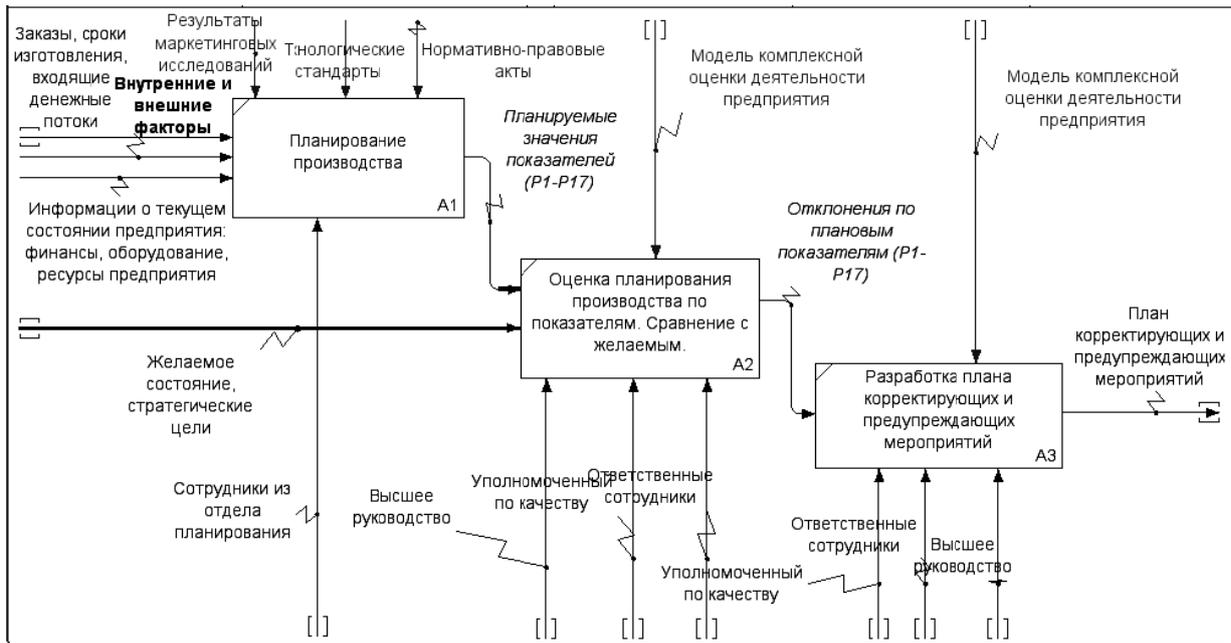


Рис. 3. Предварительная оценка процесса «Планирование производства»
 Fig. 3. Preliminary assessment of the process «Production Planning»

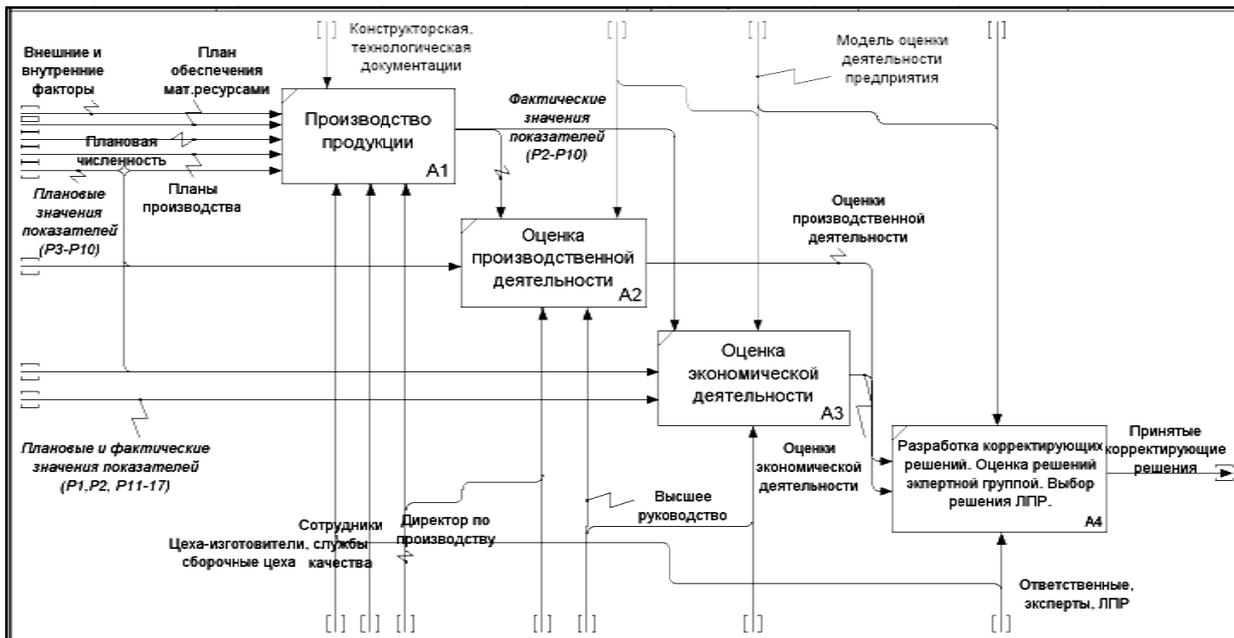


Рис. 4. Оценка производственной и экономической деятельности
 Fig. 4. Evaluation of production and economic activity

- высокая трудоемкость производства воздушных судов, длительные финансовый и производственный циклы;
- острая нехватка как инженерных кадров, так и основных и вспомогательных рабочих;
- наличие объектов незавершенного производства;

- низкая информатизация хозяйственной деятельности;
- отсутствие согласованности деятельности структурных подразделений корпорации;
- неготовность предприятий корпорации к динамичной импортозамещающей деятельности.

Определение показателя

Общее Место в структуре KPI Ответственные Измерения(Справочники) Таблица и просмотры **Расчёт**

Расчёт

* Нормативные и базовые показатели не требуют заполнения данной вкладки (только для расчетных).

1. Формирование формулы

Добавить показатель

Добавить агрегат показателя

по справочникам

- Агрегаты
- Бизнес-процессы
- Детали
- Подразделения
- Регион
- Серия+изделие
- СТК
- Функция бизнес-процесса
- Этап

Добавить оператор

Сохранить Очистить

Формула:
=[189] / [232]

Рис. 5. Задание формулы для показателя «Производительность труда»

Fig. 5. Setting the formula for the indicator «Labor productivity»

Шаг 4. Для расчета показателей используются, в большинстве случаев, известные формулы. В инструменте оценки должен быть механизм описания подобных формул, расчета значений по ним для показателей нижнего уровня и агрегация полученных значений для интегральных показателей. Например, для показателя «производительность труда» по вышеприведенной формуле входными данными являются «валовой объем производства в расчетном периоде (ч/ч, руб.)» и «среднесписочная численность основных производственных рабочих (чел.)», именно они выбраны из справочника показателей, а в окне «Формула» записаны их идентификационные номера (рис. 5).

Шаг 5. Выявление взаимосвязей между показателями с помощью статистического анализа рассмотрим на примере факторов внешней среды и внутренних факторов деятельности предприятия. Информация о внешней среде собирается из официальных статистических источников

и характеризует, в том числе, возникающие для предприятия риски, которые оно не может устранить, но может минимизировать их последствия. Внутренние факторы деятельности предприятия поступают из системы планирования и управления ресурсами и из других блоков информационной системы. Предполагается, что к моменту проведения расчетов в этих информационных системах уже накоплен некоторый объем наблюдений интересующих показателей за предыдущие периоды времени.

Результаты анализа представляются в виде графа, вершинами которого являются показатели (факторы), а дуги отображают значимые связи (сильные и слабые) и направление связи (прямая и обратная). Например, из рис. 6 видно, что в результате анализа обнаружены взаимосвязи между внешним фактором «Годовая инфляция» и прибылью, себестоимостью производимого изделия, количеством поставок.

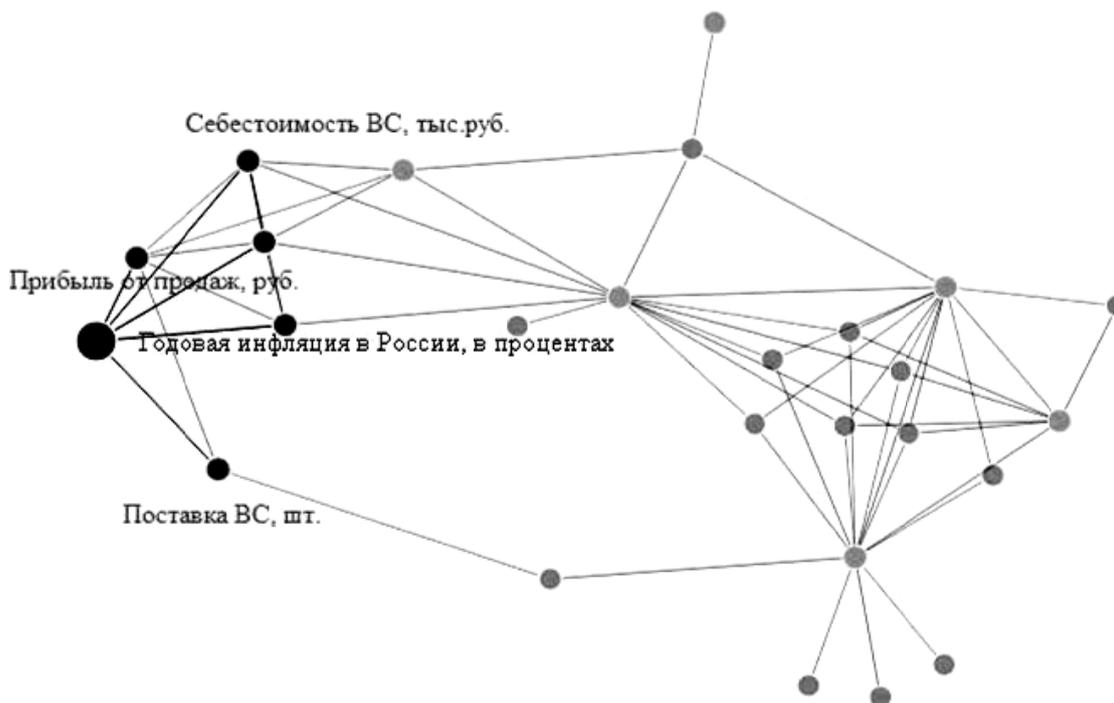


Рис. 6. Граф корреляционных связей между факторами
 Fig. 6. Graph of correlations between factors

Шаг 6. Полученные расчетные значения сравниваются с допустимыми интервалами и планируемыми значениями. При выходе значений из допустимых норм возникает задача управления (необходимо регулирующее воздействие для возвращения показателей к норме). Общим показателем может выступать интегральный показатель деятельности предприятия (для набора P_1-P_{17}), оптимизация которого по выбранным критериям и является, в общем случае, задачей управления. Вид функции определяется тем, как руководство предприятия представляет себе вклад каждого критерия в один комплексный критерий. В качестве комплексного критерия может выступать набор трех показателей, оценивающих процессы подготовки (планирования) и производства продукции: «точно в срок», «под заданную себестоимость», «с учетом рисков».

Выводы. В текущий момент описанный инструментарий находится на стадии макетирования. Здесь был приведен пример использования инструментария (моделирование и ввод данных) для оценки деятельности конкретного предпри-

ятия АО «Авиастар-СП». Полученные результаты позволяют продемонстрировать его практическую применимость и возможность включения инструментария оценки в методологию управления (как подзадачу). Целью дальнейшего исследования является развитие инструментария, включение в макет механизмов учета экспертных оценок и алгоритмов – формализованных элементов методологии с объединенным критерием «точно в срок, с учетом рисков, под заданную себестоимость».

Использование инструментария оценки деятельности позволяет обеспечить консолидацию бизнес-процессов, показателей и организационной структуры предприятия, оценку, анализ показателей и их взаимовлияние. Инструментарий предназначен для аналитиков (наполнение системы показателями и расчетными формулами, анализ взаимосвязей) и менеджеров (просмотр результатов оценки и статистического анализа), не требует специальной подготовки, имеет интуитивно понятный интерфейс.

Инструментарий оценки рекомендуется использовать совместно с системой управления как

одну из составляющих, что, в свою очередь, позволит сбалансировать производственные мощности и ресурсы под решение текущих и принципиально новых задач с учетом стратегических целей развития предприятия.

Комплексное использование инструментальной оценки и методологии управления позволит обеспечить следующее.

Мониторинг состояния: отслеживание в режиме реального времени состояния производственных процессов и оперативное оповещение о выходе за допустимые пределы контролируемых параметров; адаптация модели под изменяющуюся структуру предприятия;

Организационные мероприятия: управление производственными факторами (трудовые ресурсы, оборудование, финансы), определение плана выпуска под заданную себестоимость; учёт воздействия одних подразделений на другие (мера и качество влияния, в том числе на показатели, которые не вычисляются агрегированием).

Анализ: при наличии корректной статистической выборки можно оценивать неявную связь между факторами; строить прогнозные значения показателей подразделения при планировании деятельности на соответствующий горизонт; выявлять узкие места (например, нехватку каких-либо производственных факторов, повышенную нагрузку на факторы) текущей деятельности; определять излишки или нехватку трудовых ресурсов, оборудования в каждый временной такт на предприятии; предоставлять лицу, принимающему решение, рекомендации по управлению параметрами, находящимися за допустимыми пределами (на основе имеющихся ранее принятых решений – прецедентов).

Принятие решений: автоматическое формирование экспертной группы и автоматизированный сбор экспертных знаний; формирование плана выпуска производимой продукции с учетом имеющихся ограничений по производственным ресурсам); управление производственными факторами (трудовые ресурсы, оборудование, финансы).

Поскольку в настоящее время актуальна оптимизация задач планирования с различными критериями оптимизации деятельности: «под заказ» [11, 12], «точно в срок» [13, 14], «с учетом рисков» [15], то дальнейшее направление исследований заключается в совершенствовании моделей производственно-технологического планирования на предприятиях авиастроения с использованием разработанного инструментальной оценки деятельности предприятия в условиях цифрового производства. Кроме представленного здесь инструментальной для выполнения поставленной задачи в рамках выполнения общего государственного задания нами также разработаны:

- математическая модель оптимального распределения рекламных расходов в течение периода планирования в рамках ограниченного рекламного бюджета [16];
- дискретно-адресный метод планирования производства [17], позволяющий оптимизировать изготовление комплектов деталей «точно-в-срок» для многономенклатурного производства используя принцип векторного планирования в пространстве состояния деталей комплектов;
- математическая модель управления затратами за счет определения оптимальных значений факторов, обуславливающих выбор режущего инструмента в механообрабатывающем цехе [18].

Основная направленность разрабатываемых математических моделей и инструментов, поддерживающих их, заключается в улучшении процессов подготовки производства, планирования и управления производством и производственными ресурсами на основе обеспечения ответственных лиц актуальной информацией (в режиме реального времени).

Работа выполнена при поддержке государственного задания Министерства образования и науки РФ № 2.1816.2017/ПЧ по теме «Исследование и разработка интегрированной автоматизированной системы управления производственно-технологическим планированием авиастроительного предприятия на базе цифровых технологий».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] **Колосова В.В., Костин М.А., Сазонова М.В.** Обоснование направлений развития организационно-экономического механизма управления предприятием машиностроения // Вестник университета. 2016. № 4. С. 24–26.
- [2] **Ingaldi M., Zhuravskaya M.** The 3×3 matrix as a tool for evaluation of technological position of the enterprise // MATEC Web Conf. 2018. No. 183. P. 04001.
- [3] **Wang X.** Group analysis and evaluation method of enterprise competitiveness based on law of logic partial order // Revista Tecnica de la Facultad de Ingenieria Universidad del Zulia. 2016. No. 39 (11). P. 77–86.
- [4] **Zha J.** Enterprise performance evaluation model based on DEA algorithm with decision making unit // Revista Tecnica de la Facultad de Ingenieria Universidad del Zulia. 2016. No. 39 (5). P. 306–313.
- [5] **Zhang S., Zhu X., Geng J., Zhang R.** Evaluation of enterprise performance based on FLI-GA model // Journal of Industrial Engineering and Management. 2014. No. 7 (2 SPEC. ISSUE). P. 373–389.
- [6] **Liu W., Bi K.** Dynamic comprehensive evaluation of knowledge innovation capability of enterprises // Journal of Applied Sciences. 2013. No. 13 (8). P. 1392–1396.
- [7] **Zheng L., Pan T.** Partner trust evaluation method of virtual enterprise, Information Technology Journal. 11 (4) (2012) 524–527.
- [8] **Angara Purba R.D., Sabit M.I., Sulistio J.** Evaluation of SME (Small Medium Enterprise) production system with discrete system simulation method // MATEC Web of Conferences. 154 (2018) 01067.
- [9] **Shi B., Meng B., Yang H., Wang J., Shi W.** A Novel Approach for Reducing Attributes and Its Application to Small Enterprise Financing Ability Evaluation // Complexity. 2018. No. 2. P. 1–17.
- [10] **Николаев В.А., Чувашлова М.В.** Анализ системообразующих факторов внешней и внутренней среды в формировании стратегического контроллинга (на примере корпоративных структур авиастроения) // Этап: экономическая теория, анализ, практика. 2016. С. 80–91.
- [11] **Moses S.A., Sangplung W.** Resource planning for just-in-time make-to-order environments: A scalable methodology using tabu search // Cogent Engineering. 2017. No. 4 (1).
- [12] **Yildiz H., Duhadway S., Narasimhan R., Narayanan S.** Production planning using evolving demand forecasts in the automotive industry // IEEE Transactions on Engineering Management. 2016. No. 63 (3). P. 296–304.
- [13] **Hein F., Almered C.** Quantitative insights into the integrated supply vehicle routing and production planning problem // International Journal of Production Economics. 2016. No. 177. P. 66–76.
- [14] **Valaskova K., Kliestik T., Svabova L., Adamko P.** Financial risk measurement and prediction modelling for sustainable development of business entities using regression analysis // Sustainability (Switzerland). 2018. No. 10 (7).
- [15] **Chehbi-Gamoura S., Derrouiche R., Malhotra M., Koruca H.-I.** Adaptive management approach for more availability of big data business analytics // ACM International Conference Proceeding Series. 2016. 60 p.
- [16] **Lutoshkin I.V., Yamaltdinova N.R.** The dynamic model of advertising costs // Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research. 2018. No. 52 (1). P. 201–213.
- [17] **Polyanskov Yu., Lototsky A., Madanov A.** The development of discrete-address manufacturing planning method // MATEC Web of Conferences. 2017. No. 129.
- [18] **Lutoshkin I., Madanov A., Polyanskov Yu.** Model of control over cutting tool demand in a machining shop // MATEC Web of Conferences. 2018. No. 224.

ЛУТОШКИН Игорь Викторович. E-mail: lutoshkiniv@ulsu.ru

ЛИПАТОВА Светлана Валерьевна. E-mail: dassiegel@mail.ru

ЯРДАЕВА Маргарита Николаевна. E-mail: yardaeva@mail.ru

Статья поступила в редакцию: 12.11.2018

REFERENCES

- [1] **V.V. Kolosova, M.A. Kostin, M.V. Sazonova,** Obosnovanie napravlenij razvitiya organizacionno-ekonomicheskogo mekhanizma upravleniya predpriyatiem mashinostroeniya [Justification of the directions of development of the organizational-economic mechanism of enterprise management engineering], University Bulletin, 4 (2016) 24–26.
- [2] **M. Ingaldi, M. Zhuravskaya,** The 3×3 matrix as a tool for evaluation of technological position of the enterprise, MATEC Web Conf., 183 (2018) 04001.
- [3] **X. Wang,** Group analysis and evaluation method of enterprise competitiveness based on law of logic partial order, Revista Tecnica de la Facultad de Ingenieria Universidad del Zulia, 39 (11) (2016) 77–86.

- [4] J. Zha, Enterprise performance evaluation model based on DEA algorithm with decision making unit, *Revista Tecnica de la Facultad de Ingenieria Universidad del Zulia*, 39 (5) (2016) 306–313.
- [5] S. Zhang, X. Zhu, J. Geng, R. Zhang, Evaluation of enterprise performance based on FLI-GA model, *Journal of Industrial Engineering and Management*, 7 (2 SPEC. ISSUE) (2014) 373–389.
- [6] W. Liu, K. Bi, Dynamic comprehensive evaluation of knowledge innovation capability of enterprises, *Journal of Applied Sciences*, 13 (8) (2013) 1392–1396.
- [7] L. Zheng, T. Pan, Partner trust evaluation method of virtual enterprise, *Information Technology Journal*. 11 (4) (2012) 524–527.
- [8] R.D. Angara Purba, M.I. Sabit, J. Sulistio, Evaluation of SME (Small Medium Enterprise) production system with discrete system simulation method, *MATEC Web of Conferences*, 154 (2018) 01067.
- [9] B. Shi, B. Meng, H. Yang, J. Wang, W. Shi, A Novel Approach for Reducing Attributes and Its Application to Small Enterprise Financing Ability Evaluation, *Complexity*, 2 (2018) 1–17.
- [10] V.A. Nikolaev, M.V. Chuvashlova, Analiz sistemoobrazuyushchih faktorov vneshnej i vnutrennej sredy v formirovanii strategicheskogo kontrollinga (na primere korporativnyh struktur aviastroeniya) [Analysis of the backbone factors of the external and internal environment in the formation of strategic controlling (for example, corporate structures of aircraft industry)], *Stage: economic theory, analysis, practice*, (2016) 80–91.
- [11] S.A. Moses, W. Sangplung, Resource planning for just-in-time make-to-order environments: A scalable methodology using tabu search, *Cogent Engineering*, 4 (1) (2017).
- [12] H. Yildiz, S. Duhadway, R. Narasimhan, S. Narayanan, Production planning using evolving demand forecasts in the automotive industry, *IEEE Transactions on Engineering Management*, 63 (3) (2016) 296–304.
- [13] F. Hein, C. Almered, Quantitative insights into the integrated supply vehicle routing and production planning problem, *International Journal of Production Economics*, 177 (2016) 66–76.
- [14] K. Valaskova, T. Kliestik, L. Svabova, P. Adamko, Financial risk measurement and prediction modelling for sustainable development of business entities using regression analysis, *Sustainability (Switzerland)*, 10 (7), (2018).
- [15] S. Chehbi-Gamoura, R. Derrouiche, M. Malhotra, H.-I. Koruca, Adaptive management approach for more availability of big data business analytics, *ACM International Conference Proceeding Series*, (2016).
- [16] I.V. Lutoshkin, N.R. Yamaltdinova, The dynamic model of advertising costs, *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research*, 52 (1) (2018) 201–213.
- [17] Yu. Polyanskov, A. Lototsky, A. Madanov, The development of discrete-address manufacturing planning method, *MATEC Web of Conferences*, 129 (2017).
- [18] I. Lutoshkin, A. Madanov, Yu. Polyanskov, Model of control over cutting tool demand in a machining shop, *MATEC Web of Conferences*, 224, (2018).

LUTOSHKIN Igor V. E-mail: lutoshkiniv@ulsu.ru

LIPATOVA Svetlana V. E-mail: dassegel@mail.ru

YARDAEVA Margarita N. E-mail: yardaeva@mail.ru