

УДК 519.2

DOI 10.17513/snt.39883

ИНДИКАТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Кудрявцева С.С., Зиятдинов Н.Н., Лаптева Т.В., Титовцев А.С.

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань,
e-mail: sveta516@yandex.ru, nnziat@yandex.ru, tanlapteva@yandex.ru, notna6683@mail.ru

Актуальность статьи обусловлена необходимостью разработки научных подходов, позволяющих оценивать эффективность внедрения инструментов бережливого производства в промышленности на основе синтеза наук – теории управления, организации производства, математической статистики. Цель статьи заключается в построении индикативной экономико-математической модели производственной функции, позволяющей оценить эффективность внедрения инструментов бережливого производства в промышленности. Достижение цели исследования обеспечивается решением следующих научных задач: систематизировать методы управления бережливым производством на промышленных предприятиях; сформировать перечень индикаторов моделирования внедрения технологий бережливого производства в промышленности; построить модель производственной функции для бережливого производства. По результатам исследования сформированы следующие выводы: многообразие инструментов бережливого производства охватывает все составляющие производственного процесса – оптимизация потока создания ценности, обеспечение качества, эффективность управления персоналом, что позволяет говорить о комплексности методологии бережливого производства; внедрение инструментов бережливого производства на промышленных предприятиях дает возможность повысить эффективность процесса производства, обеспечивая прирост доли высокотехнологичной продукции в валовой добавленной стоимости, индекса производства высокотехнологичных секторов и высокопроизводительных рабочих мест; более сильное воздействие на прирост доли высокотехнологичной продукции в величине валовой добавленной стоимости оказывает индикатор материальной составляющей, выраженный в росте индекса производства высокотехнологичной промышленности, по сравнению с интеллектуальной составляющей – числом высокопроизводительных рабочих мест; выявлена тенденция убывающей отдачи эффективности от внедрения инструментов бережливого производства в промышленности, что может быть связано с действием механизмов запаздывания между инвестициями и результатами использования бережливых технологий, неблагоприятной внешнеэкономической конъюнктурой и рядом других вопросов, требующих детальной проработки и решения.

Ключевые слова: моделирование, бережливое производство, эффективность, промышленность, индекс производства высокотехнологичных секторов, высокопроизводительные рабочие места, валовая добавленная стоимость, высокотехнологичное производство

INDICATIVE MODELING OF THE EFFECTIVENESS OF IMPLEMENTING LEAN PRODUCTION TOOLS IN INDUSTRY

Kudryavtseva S.S., Ziyatdinov N.N., Lapteva T.V., Titovtsev A.S.

Kazan National Research Technological University, Kazan,
e-mail: sveta516@yandex.ru, nnziat@yandex.ru, tanlapteva@yandex.ru, notna6683@mail.ru

The relevance of the article is related to the need to develop scientific approaches that allow assessing the effectiveness of implementing lean production tools in industry based on a synthesis of sciences - management theory, production organization, and mathematical statistics. The purpose of the article is to construct an indicative economic and mathematical model of the production function, which allows us to assess the effectiveness of the implementation of lean production tools in industry. Achieving the research goal is ensured by solving the following scientific tasks: systematize methods of managing lean production at industrial enterprises; create a list of indicators for modeling the implementation of lean production technologies in industry; build a production function model for lean manufacturing. Based on the results of the study, the following conclusions were drawn: the variety of lean manufacturing tools covers all components of the production process - value stream optimization, quality assurance, personnel management efficiency, which allows us to speak about the complexity of the lean manufacturing methodology; the introduction of lean production tools at industrial enterprises makes it possible to increase the efficiency of the production process, ensuring an increase in the share of high-tech products in gross value added, the production index of high-tech sectors and high-performance jobs; the indicator of the material component, expressed in the growth of the high-tech industry production index, compared to the intellectual component - the number of high-performance jobs; a trend of diminishing returns to efficiency from the introduction of lean production tools in industry has been identified, which may be due to the effect of lag mechanisms between investments and the results of using lean technologies, unfavorable foreign economic conditions and a number of other issues that require detailed study and solutions.

Keywords: modeling, lean manufacturing, efficiency, industry, high-performance jobs, high-tech sector production index, gross value added, high-tech manufacturing

Актуальность статьи обусловлена необходимостью разработки научных подходов, позволяющих оценивать эффективность внедрения инструментов бережливого производства в промышленности на основе синтеза наук – теории управления, организации производства, математической статистики и ряда других научных дисциплин. Вопросы эффективности бережливого производства имеют различные аспекты своего раскрытия и совершенствования методологии. В частности, следует отметить такие ключевые направления изучения данной тематики, как информационное обеспечение бережливого производства [1], экономическая и производственная эффективность бережливого производства [2, 3], отраслевые эффекты от использования инструментов бережливого производства [4], бережливое производство в контексте производственной системы промышленного предприятия [5, 6, 7] и др. Однако в недостаточной мере раскрыты вопросы индикативного моделирования эффективности внедрения инструментов бережливого производства в промышленности на основе использования комплексных моделей и показателей, характеризующих развитие высокотехнологичной промышленности. Данные положения предопределили выбор тематики статьи, постановку цели, задач исследования, выбор методов исследования.

Цель статьи заключается в построении индикативной экономико-математической модели производственной функции, позволяющей оценить эффективность внедрения инструментов бережливого производства в промышленности. Достижение цели исследования обеспечивается решением следующих научных задач:

- систематизировать методы управления бережливым производством на промышленных предприятиях;
- сформировать перечень индикаторов моделирования внедрения технологий бережливого производства в промышленности;
- построить модель производственной функции для бережливого производства.

Материалы и методы исследования

В качестве методов исследования при написании статьи использован метод обобщения, который позволил на основе систематизации научных подходов по вопросам методологии бережливого производства обобщить методы управления бережливым производством на промышленных предприятиях. Для построения индикативной модели эффективности внедрения инструментов бережливого производства в промышленно-

сти использована модель производственной функции Кобба–Дугласа [8], имеющая вид:

$$Y = A \times K^{\alpha} \times L^{\beta},$$

где Y – независимый индикатор модели, характеризующий эффективность конечного результата;

K – индикатор производства (капитал, выпуск, материальная составляющая производства и т.п.);

L – индикатор труда (трудозатраты, человеческий капитал, интеллектуальный капитал и т.п.);

α, β – коэффициенты модели производственной функции.

В качестве информационной базы для моделирования применены агрегированные данные Федеральной службы государственной статистики по промышленности [9]. Динамический ряд индикаторов включал период 2017–2022 гг. В качестве инструмента моделирования использован программный продукт Statistica.

Результаты исследования и их обсуждение

Бережливое производство позволяет устранить все виды потерь, сократить логистический и производственный циклы, сократить запасы предприятия, оптимизировать бизнес-процессы предприятий. Методика управления бережливым производством направлена на систематизацию трех групп методов – методов оптимизации потока создания ценностей, методов обеспечения качества, методов эффективного управления персоналом. Обобщение методов управления бережливым производством на промышленных предприятиях представлено на рисунке 1.

Бережливое производство (LM) – это интегрированный набор принципов, практик, инструментов и методов, предназначенных для устранения коренных причин низкой операционной эффективности. Это систематический подход к устранению источников потерь из всех потоков создания ценности с целью устранения разрыва между фактической производительностью и требованиями клиентов и акционеров. Таким образом, цель Lean – оптимизировать стоимость, качество и доставку при одновременном повышении безопасности. Соответственно, Lean пытается устранить три основных типа производственных потерь: потери, изменчивость и негибкость [10].

Бережливое производство как секретное оружие отвечает за устранение потерь и улучшение качества, а следовательно, за снижение затрат внутри организаций.

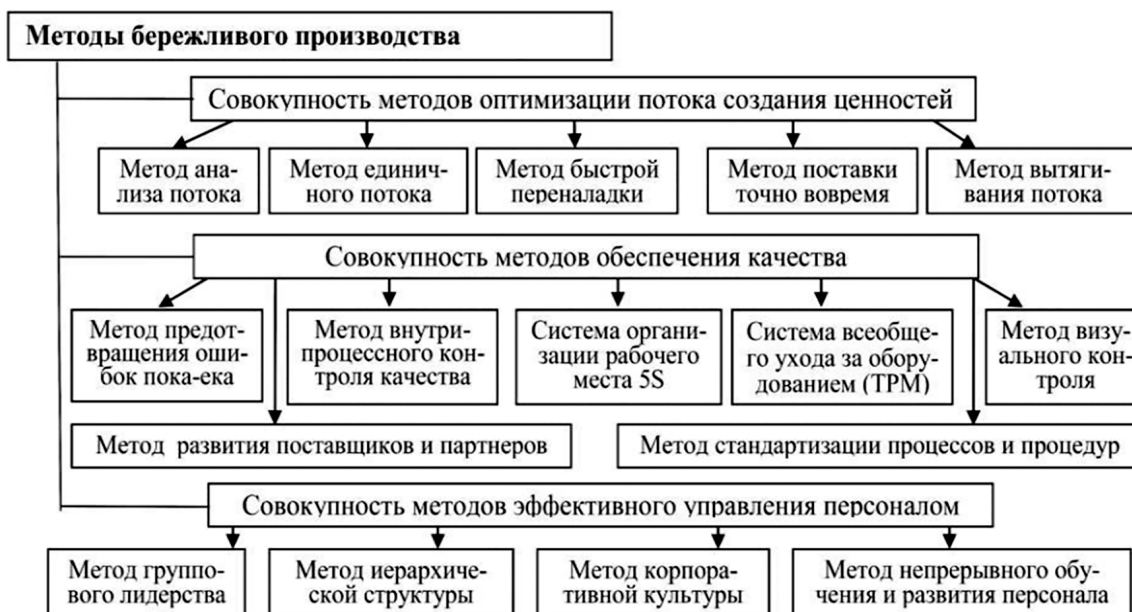


Рис. 1. Обобщение методов управления бережливым производством на промышленных предприятиях

Бережливое производство – это комплексная философия для структурирования, эксплуатации, контроля, управления и постоянного улучшения систем промышленного производства. Целью Lean является сокращение потерь человеческих усилий, запасов, времени вывода на рынок и производственных площадей, чтобы максимально оперативно реагировать на запросы клиентов и производить продукцию мирового класса наиболее эффективным и экономичным способом. В бережливых системах существует семь типов потерь: транспортировка, запасы, движение, задержки, перепроизводство, переработка и дефекты. Lean – это многомерный подход, который охватывает широкий спектр методов управления, в том числе «точно в срок», дзидока, стандартизированная работа, кайдзен, командная работа и управление поставщиками. LM также представляет собой широкий набор принципов и практик, которые могут улучшить корпоративную деятельность. Бережливое производство – это производственная философия, которая сокращает время выполнения заказа и снижает затраты за счет устранения отходов (MUDA), но при этом улучшает качество, навыки сотрудников и удовлетворенность работой.

Lean – это не проект, а подход к постоянному совершенствованию для достижения совершенства путем устранения всех источников потерь. В полной мере бережливое

производство – это не только стратегический подход, но и операционное превосходство. В этом контексте бережливое производство следует рассматривать скорее как философию бизнеса, чем просто набор инструментов или методов, предназначенных только для улучшения операций. Для этого наряду с производством необходимо изменить все другие подсистемы, если организация хочет преобразоваться в бережливое, обучающееся предприятие, чтобы в полной мере воспользоваться его преимуществами. Правильная комбинация для этого состоит из долгосрочной философии, процессов и людей с культурой, ориентированной на превосходство в конкурентной борьбе. Важно согласовать образ мышления и поведения членов организации. Хотя бережливое производство действительно дает немедленные результаты, все преимущества появляются только тогда, когда он становится основой для процесса непрерывного совершенствования, способного сохранять результаты с течением времени. Такой взгляд подразумевает мысленный сдвиг от краткосрочного фокуса к долгосрочному. Предприятиям необходимо институционализировать методы бережливого производства и развертывание их политик как часть наращивания потенциала. Поддержание такой долгосрочной философии управления представляет собой сложную задачу для предприятий, вступающих на путь бережливого произ-

водства. Для разработки эффективных и устойчивых преобразований в области бережливого производства предприятиям необходимо учитывать каждый из следующих элементов на всех уровнях организации: стратегия и согласованность, лидерство, поведение и вовлеченность, управление процессами и технологиями, инструменты и методы. Бережливое производство требует одновременной интеграции трех элементов: операционной системы, инфраструктуры управления, мышления и поведения.

Факторы успеха внедрения Lean (SF) – это ограниченное количество факторов, в которых удовлетворительные результаты обеспечат успешную конкурентоспособность отдельных лиц, отделов или организаций. SF – это те области, где «все должно идти хорошо», чтобы бизнес процветал и обеспечивал достижение целей менеджера. SF очень важны для обеспечения успешного внедрения бережливого производства и предотвращения рисков неудач, таких как убытки организации для затрат, времени и усилий сотрудников. Подход SF был широко принят и использовался в различных областях исследований для определения ключевых факторов, которые необходимы для успеха любой программы или методики [10].

В научной литературе и практической деятельности остается открытым вопрос по методикам оценки эффективности внедрения инструментов бережливого производства на промышленных предприятиях. Авторы полагают, что в данном случае может быть уместным применение индикативного моделирования оценки эффективности внедрения инструментов бережливого производства. Предлагаем оценивать эффект бе-

режливого производства на основе модели производственной функции, где в качестве показателя эффекта в масштабе промышленной отрасли может быть использован индикатор доли высокотехнологичной продукции в валовой добавленной стоимости, в качестве объясняемых индикаторов – индекс производства высокотехнологичной продукции в выпуске (материальная составляющая) и число высокопроизводительных рабочих мест (интеллектуальная составляющая). Выбор данных индикаторов объясняется тем, что использование инструментов бережливого производства в промышленности предполагает в конечном счете прирост доли высокотехнологичных секторов в формировании валовой добавленной стоимости благодаря росту производства в высокотехнологичной промышленности и приросту высокотехнологичных рабочих мест. Исходные данные для построения модели сведены в таблицу 1.

Описательная статистика по моделируемым индикаторам представлена в таблице 2. Ее анализ позволяет заметить, что присутствует значительная асимметрия внутри рядов распределения, что позволяет сделать заключение о неравномерности процесса совершенствования сектора промышленности на основе бережливого производства, выраженного в приросте высокопроизводительных рабочих мест, индекса производства по высокотехнологичным секторам промышленности.

Далее исходные индикаторы из таблицы 1 были прологарифмированы и построена индикативная модель производственной функции эффективности внедрения инструментов бережливого производства в промышленности, которая имеет вид (рис. 2).

Таблица 1

Индикаторы моделирования внедрения технологий бережливого производства в промышленности

Период	Доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в валовой добавленной стоимости, %	Индекс производства по высоким технологичным обрабатывающим видам экономической деятельности, %	Число высокопроизводительных рабочих мест, тыс. ед.
	Y	K	L
2017	18,5	105,9	17 114,0
2018	18,5	100,2	19 638,3
2019	18,5	108,8	20 732,8
2020	19,0	110,7	21 946,6
2021	21,1	115,2	22 610,8
2022	19,1	107,3	22 862,4

Таблица 2

Описательная статистика по индикаторам моделирования внедрения технологий бережливого производства в промышленности

Показатель описательной статистики	Доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в валовой добавленной стоимости, %	Индекс производства по высоким технологичным обрабатывающим видам экономической деятельности, %	Число высокопроизводительных рабочих мест, тыс. ед.
	Y	K	L
Среднее	19,1	108,0	20817,5
Стандартная ошибка	0,4	2,0	890,4
Медиана	18,8	108,1	21339,7
Стандартное отклонение	1,0	5,0	2181,1
Дисперсия выборки	1,0	25,1	4757083,4
Экцесс	4,5	0,9	0,5
Асимметричность	2,1	-0,2	-1,1
Размах	2,6	15,0	5748,4
Минимум	18,5	100,2	17114,0
Максимум	21,1	115,2	22862,4

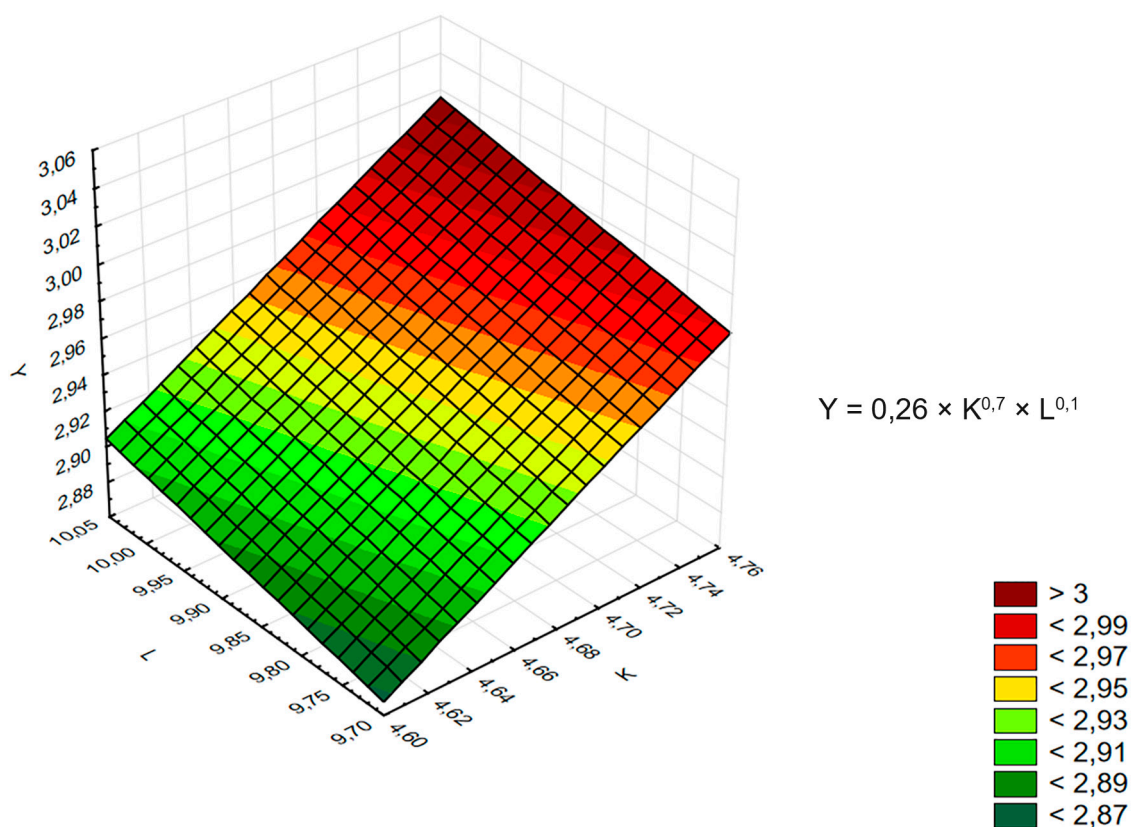


Рис. 2. Диаграмма поверхности индикативной модели производственной функции

Исходя из полученной индикативной модели производственной функции эффективности внедрения инструментов бережливого производства в промышленности,

можно видеть, что наибольшее влияние на прирост доли высокотехнологичной продукции в величине валовой добавленной стоимости оказывает индикатор матери-

альной составляющей, выраженный в росте индекса производства высокотехнологичной промышленности, поскольку его коэффициент модели выше (0,7), нежели интеллектуальной составляющей – числа высокопроизводительных рабочих мест (0,1). Обращает на себя внимание, что в настоящее время для промышленности характерна тенденция убывающей отдачи эффективности от внедрения инструментов бережливого производства, что может быть вызвано такими обстоятельствами, как:

- недостаточный опыт внедрения и малый период внедрения инструментов бережливого производства на промышленных предприятиях;
- методические сложности с оценкой эффективности внедрения инструментов бережливого производства, связанные с соотношением инвестиций и результатов данной работы;
- отсутствие единой методологии и индикативной базы по показателям эффективности внедрения инструментов бережливого производства;
- переключение стратегических и тактических задач с вопросов ресурсоэффективности на решение проблем достижения импортонезависимости в условиях внешних и внутренних экономических ограничений.

Выводы

Таким образом, по результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы.

1. Многообразие инструментов бережливого производства охватывает все составляющие производственного процесса – оптимизация потока создания ценности, обеспечение качества, эффективность управления персоналом, что позволяет говорить о комплексности методологии бережливого производства.

2. Внедрение инструментов бережливого производства на промышленных предприятиях дает возможность повысить эффективность процесса производства, обеспечивая прирост доли высокотехнологичной продукции в валовой добавленной стоимости, индекса производства высокотехнологичных секторов и высокопроизводительных рабочих мест.

3. Более сильное воздействие на прирост доли высокотехнологичной продукции в величине валовой добавленной стоимости оказывает индикатор материальной составляющей, выраженный в росте индекса производства высокотехнологичной промышленности, по сравнению с интеллектуальной составляющей – числом высокопроизводительных рабочих мест.

4. Выявлена тенденция убывающей отдачи эффективности от внедрения инструментов бережливого производства в промышленности, что может быть связано с действием механизмов запаздывания между инвестициями и результатами использования бережливой технологией, неблагоприятной внешнеэкономической конъюнктурой и рядом других вопросов, требующих детальной проработки и решения.

Предложенная методика и результаты индикативного моделирования эффективности внедрения инструментов бережливого производства в промышленности могут быть транслированы на более мелкие подвиды промышленных секторов, а также сведены до уровня промышленных предприятий, как вспомогательный инструмент оценки эффективности производственно-хозяйственной деятельности и модернизации производства.

Список литературы

1. Олешук В.А., Раджабов Д.У. Влияние информационного обеспечения производственного потока на эффективность системы бережливого производства // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2019. Т. 1, № 3 (39). С. 64-67.
2. Галанина Т.В., Баумгартэн М.И., Третьякова И.Н. Эффективность внедрения элементов бережливого производства на предприятии (на примере ОАО «КОРМЗ») // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2021. № 9-2. С. 125-131.
3. Барсегян Н.В. Реализация принципов бережливого производства в условиях цифровой трансформации // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2021. № 6 (91). С. 93-102.
4. Дмитриева Д.В., Аvezов А.Х. Эффективность реализации «концепции бережливого производства» на предприятии пищевой промышленности // Вестник ПИТТУ имени академика М.С. Осими. 2021. № 1 (18). С. 103-119.
5. Ташкинов А.Г. Влияние комплексного внедрения бережливого производства на эффективность развития производственной системы предприятия // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки. 2022. № 4. С. 329-358.
6. Ганькин Н.А. Влияние расширенных принципов бережливого производства на экономическую эффективность промышленных предприятий // Научные исследования и разработки. Экономика фирмы. 2022. Т. 11, № 3. С. 54-62.
7. Kudryavtseva S.S., Shinkevich A.I., Ostanina S.S., Vodolazhskaya E.L., Khairullina E.R., Chikisheva N.M., Lushchik I.V., Shirokova L.V. The methods of national innovation systems assessing // International Review of Management and Marketing. 2016. V. 6. № 2. P. 225-230.
8. Алексеева К.В., Галиаскарова Г.Р. Построение производственной функции Кобба-Дугласа на основе статистических данных компании «ГАЗПРОМ» // Экономика и менеджмент инновационных технологий. 2017. № 1 (64). С. 58-62.
9. Росстат. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 22.11.2023).
10. Nguyễn Đạt Minh1, Nguyễn Danh Nguyễn, Lê Anh Tuấn Framework of Critical Success Factors for Lean Implementation in Vietnam Manufacturing Enterprises // Journal of Science: Economics and Business. 2015. Vol. 31. № 5E. P. 33-41.