

УДК 658.5

DOI: 10.18384/2310-6646-2017-2-46-53

## РАЗРАБОТКА ПОДХОДА К ВНЕДРЕНИЮ СИСТЕМЫ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ

**Бром А.Е., Белоносов К.Ю.**

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана  
105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1, Российская Федерация*

**Аннотация.** Статья посвящена проблеме прикладного внедрения на промышленных предприятиях системы бережливого производства. В реальных условиях производственно-экономической деятельности сложно идентифицировать виды потерь: многие из них являются неявными и обнаруживаются только при тщательном анализе бизнес-процессов, часто по возрастанию непродуктивных издержек. Авторы предлагают решение этой задачи на основе метода анализа иерархий, позволяющего определить конкретные процессы, функции и подразделения, являющиеся первоочередными для исследования и совершенствования при внедрении системы бережливого производства.

**Ключевые слова:** бережливое производство, производство, потери, метод анализа иерархий, критерии, альтернативы

## DESIGNING AN APPROACH TO LEAN PRODUCTION SYSTEM IMPLEMENTATION BASED ON HIERARCHY ANALYSIS METHOD

**A. Brom, K. Belonosov**

*Bauman Moscow State Technical University  
5/1, 2nd Baumanskaya st., Moscow, 105005, Russian Federation*

**Abstract.** The article is devoted to the problem of the introduction of lean production systems at industrial enterprises. In current conditions of manufacturing it is difficult to identify the kinds of losses, as many of them are implicit, and are only revealed when the business processes are thoroughly analyzed, often in response to an increase in unproductive costs. The authors propose a solution to this problem based on the application of the hierarchy analysis method that allows to identify specific processes, functions and units that are of the top priority for research and improvement in implementing lean production systems.

**Keywords:** lean production, production, losses, hierarchy analysis method, criteria, alternatives.

В современном мире в условиях всеобщего перехода к шестому технологическому укладу предприятия машиностроительной отрасли сталкиваются с проблемой недостаточной эффективности существующих производственных программ, что ведёт к падению уровня конкурентоспособности, ухудшению качества товара в сравнении с товарами-аналогами, росту издержек и общей стагнации в целом. Эффективной организацией производственной системы на

сегодняшний день является «бережливое производство» (Lean Production) [3], которое зародилось в компании Toyota и сегодня широко применяется как в промышленности, так и в частном секторе. Цель бережливого производства – обеспечить наибольшую ценность с точки зрения потребителя при наименьшем потреблении ресурсов. Бережливое производство базируется на чётком определении, что создает ценность продукта, а что нет, и позволяет ликвидировать потери и оптимизировать производственную программу в целом [1].

При внедрении системы бережливого производства первым и главным шагом является выявление и устранение восьми типов потерь – перепроизводства, ожидания, перемещений, излишних запасов, дефектов, излишней обработки, транспортировки и неиспользованного потенциала сотрудников [2]. Но распознавание этих видов потерь на практике является весьма сложной задачей, так как многие из них невидны и выявляются только при детальном анализе, который далеко не всегда имеет место [2; 7].

Таким образом, при внедрении Lean Production на каждом предприятии возникает вопрос определения конкретных процессов, функций и подразделений, являющихся первостепенными для исследования и улучшения. Начинать модернизацию необходимо с тех элементов производственного процесса, где выявленные потери имеют наибольшее негативное влияние [5].

Задачу ранжирования функций предприятия по степени важности предлагается решить на основе метода анализа иерархий (АНР, Analytical Hierarchic Process – Процесс иерархического анализа). Этот метод используется в различных направлениях, где есть необходимость принятия решений, таких как исследование, отбор проектов, оценка альтернативной продукции и т. д. Он позволяет пользователю структурировать комплексные проблемы в иерархическом порядке или разделить их по интегрированным уровням. В любом случае, иерархия должна состоять как минимум из 3-х уровней: цель, критерии и альтернативы. От приоритетности критерия в каждом конкретном случае зависит и конечный выбор одной из альтернатив [4; 6].

Применительно к LP метод АНР позволит отобразить масштаб важности и чувствительности той или иной производственно-хозяйственной функции к потерям. Для LP анализ позволит построить иерархию, где верхний уровень будут занимать виды потерь, которые являются критериями оценки, на втором уровне будут располагаться подкритерии, которые влияют на соответствующие критерии первого уровня, а последний уровень будут занимать альтернативы.

На рис. 1 представлена схема трехступенчатой иерархии при выборе наиболее зависимой от потерь функции на предприятии. Первая ступень иерархии состоит из видов потерь – включает перепроизводство, ожидание, перемещения, излишние запасы, дефекты, излишнюю обработку, транспортировку, неиспользованный потенциал сотрудников, которые и являются критериями оценки. Второй уровень отображает подкритерии, которые прямым образом влияют на основные критерии. Например, критерий «излишние запасы» напрямую зависит от избытка материалов и избыточного незавершенного производства.

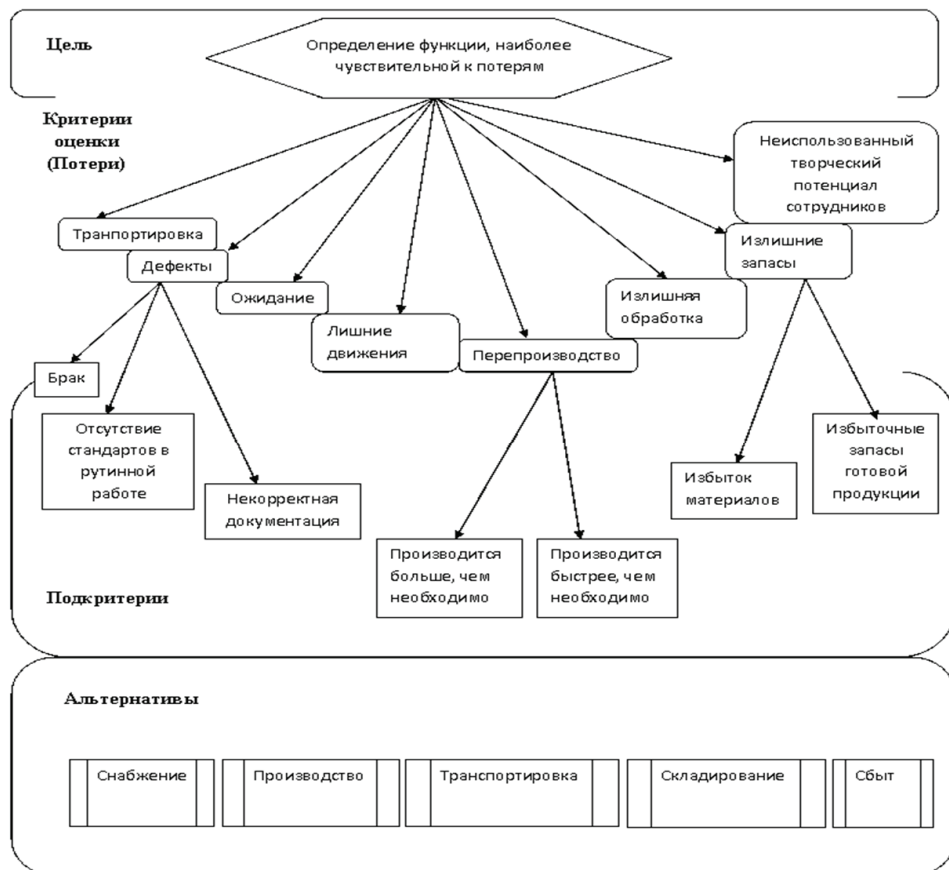


Рисунок 1. Оценочная структура трехступенчатой иерархии при выборе наиболее зависимой от потерь функции на предприятии

Аналогичный случай сложился с потерями в виде перепроизводства и дефектов, так как их подкритерии напрямую влияют на их оценку. Последний уровень подразумевает собой альтернативы. В качестве альтернатив предлагается использовать основные укрупненные производственно-хозяйственные функции, присущие любому промышленному производству – снабжение, производство, складирование, транспортировку, сбыт.

Необходимо отметить, что каждый подкритерий непосредственно влияет на оценку каждой функции. Построение иерархической структуры является первым и самым важным шагом на пути к реализации АНР метода.

Следующим этапом является сравнение одного элемента с другим по степени важности путём использования матрицы парного сравнения (Pair wise comparison matrix) на каждом иерархическом уровне. В нашем случае имеется 8 критериев сравнения (перепроизводство, ожидание, перемещения, излишние запасы, дефекты, излишняя обработка, транспортировка, неиспользованный потенциал сотрудников). Матрица заполняется путём сравнения по степени важности эле-

мента, находящегося в строке, с каждым элементом, находящимся в последующем столбце.

Затем экспертам необходимо оценить, насколько один критерий важнее другого при парном сравнении. Численная оценка превосходства одного элемента над другим производится по шкале относительной важности (табл. 1). Затем для выявления значения / веса элементов необходимо:

1. суммировать значения каждого столбца матрицы (табл. 2);
2. разделить каждое значение столбца на всю сумму значений столбца и получить нормализованную матрицу парного сравнения;
3. вычислить среднее значение каждого ряда и, в итоге, получить нормализованную матрицу парного сравнения с приближительными приоритетами и весами (табл. 3).

Таблица 1

### Шкала относительной важности

Степень важности	Численное значение
Идентичная	1
Умеренная	3
Высокая	5
Крайне высокая	7
Чрезвычайная	9
Когда компромисс необходим	2,4,6 и 8

Пример в табл. 3 наглядно иллюстрирует, что перепроизводство имеет больший вес среди остальных видов потерь. Это объясняется тем, что перепроизводство является самым опасным видом потерь для промышленного производства, так как влечёт за собой появление остальных видов потерь. Далее, используя эту процедуру, определяем степени влияния подкритериев на критерии: перепроизводство, излишние запасы и дефекты. Аналогичным образом строятся матрицы парных сравнений для других критериев.

Следующим шагом после определения степени зависимости критериев от подкритериев является сравнение альтернатив по критериям и подкритериям, в нашем случае это определение степени зависимости функциональных подразделений предприятия от каждой потери. В табл. 4 представлен пример сравнений функционалов по критерию «транспортировка». В итоге получается полноценная структура, отображающая степень важности каждого элемента и оценку всех альтернатив. Для выявления конечной оценки необходимо умножить значение / вес каждого функционала на значение / вес каждого элемента, начиная с нижнего уровня и заканчивая верхним.

В итоге получаем степень зависимости функционалов предприятия от каждого вида потерь (табл. 5). Очевидно, что функции производства и складирования на предприятии являются первоочередными для практического внедрения бережливого производства. Необходимо отметить, что анализ этих функций и

решение найденных проблем следует проводить не по отдельности, а совокупно, так как потери, возникающие при выполнении этих функций, тесно взаимосвязаны.

Таблица 2

### Матрица парных сравнений с численными значениями

Критерий (вид потери)	Транспортировка	Излишние запасы	Передвижения	Ожидание	Перепроизводство	Излишняя обработка	Дефекты	Неиспользуемый творческий потенциал сотрудников
Транспортировка	1	1/5	1	1/7	1/7	1/3	1/5	2
Излишние запасы	5	1	5	1/5	1/7	3	1/5	5
Передвижения	1	1/5	1	3	1/7	1	1/5	3
Ожидание	7	5	1/3	1	1/7	1/5	1	7
Перепроизводство	7	7	7	7	1	7	6	7
Излишняя обработка	3	1/3	1	5	1/7	1	1/3	5
Дефекты	5	5	5	1	1/6	3	1	7
Неиспользуемый творческий потенциал сотрудников	S	1/5	1/3	1/7	1/7	1/5	1/7	1
Сумма	29,50	18,93	20,67	17,49	2,02	15,73	9,08	35,00

Таблица 3

### Нормализованная матрица парного сравнения с приблизительными приоритетами и весами

Критерий (вид потери)	Транспортировка	Излишние запасы	Лишние движения	Ожидание (потери времени)	Перепроизводство	Излишняя обработка	Дефекты	Неиспользуемый творческий потенциал сотрудников	Значение/вес
Транспортировка	0,03	0,01	0,05	0,01	0,07	0,02	0,02	0,06	0,03
Излишние запасы	0,17	0,05	0,24	0,01	0,07	0,19	0,02	0,14	0,11
Лишние движения	0,03	0,01	0,05	0,17	0,07	0,06	0,02	0,09	0,06
Ожидание (потери времени)	0,24	0,26	0,02	0,06	0,07	0,01	0,11	0,20	0,12
Перепроизводство	0,24	0,37	0,34	0,40	0,49	0,44	0,66	0,20	0,39
Излишняя обработка	0,10	0,02	0,05	0,29	0,07	0,06	0,04	0,14	0,10
Дефекты	0,17	0,26	0,24	0,06	0,08	0,19	0,11	0,14	0,16

## Окончание таблицы 3

Критерий (вид потери)	Транспортировка	Излишние запасы	Лишние движения	Ожидание (потери времени)	Перепроизводство	Излишняя обработка	Дефекты	Неиспользуемый творческий потенциал сотрудников	Значение/вес
Неиспользуемый творческий потенциал сотрудников	0,02	0,01	0,02	0,01	0,07	0,01	0,02	0,03	0,02

Таблица 4

## Матрица сравнений функций по критерию «транспортировка»

Функционал	Снабжение	Производство	Сбыт	Складирование	Транспортировка	Значение/вес
Снабжение	1	1/3	1	1/3	1/5	0,07
Производство	3	1	5	1	2	0,32
Сбыт	1	1/5	1	3	1/5	0,11
Складирование	3	1	1/3	1	1/5	0,15
Транспортировка	5	5	5	5	1	0,34

Таблица 5

## Приоритет функционалов предприятия в зависимости от потерь бережливого производства

Функционал	Вес
Производство	0,39
Складирование	0,20
Снабжение	0,15
Транспортировка	0,13
Сбыт	0,12

В заключение хотелось бы отметить, что представленный подход к внедрению системы бережливого производства на основе метода анализа иерархий имеет место, только если предприятие само выполняет все функции. Если предприятие передаёт часть функций на аутсорсинг, то процентное соотношение приоритетности функций будет выглядеть по-другому. Этот факт обязательно надо учитывать при реализации метода анализа иерархий в конкретных производственно-экономических ситуациях.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Хоббс Д. Внедрение бережливого производства. Практическое руководство по оптимизации бизнеса / пер. с англ. П.В Гомолко, А.Г. Петкевич. Минск: Гревцов Паблшер, 2007. 352 с.
2. Вумек Дж., Джонс Д. Бережливое производство: Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании. М.: Альпина Бизнес Букс, 2008. 474 с.
3. Дручевская И.А. Внедрение системы бережливого производства на российских предприятиях [Электронный ресурс] // European Student Scientific Journal [сайт]. URL: <https://sjes.esrae.ru/> (дата обращения 18.12.2016).
4. Саати Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1989. 316 с.
5. Павловская И. Бережливое производство с оглядкой на русский менталитет [Электронный ресурс] // Lean Info: [сайт] URL: <http://www.leaninfo.ru/2009/04/03/lean-and-russian-mentality/> (дата обращения: 20.12.2016).
6. Saaty T.L. Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World. Pittsburgh: RWS Publications, 1990. 292 p.
7. Suzaki K. Lean Porto: LeanOp Press, 2013. 304 p.

### REFERENCES

1. Hobbs D. *Vnedrenie berezhlivogo proizvodstva. Prakticheskoe rukovodstvo po optimizatsii biznesa* [Hobbs the Implementation of Lean Production. A Practical Guide to Business Optimization / Ed. from English]. Minsk, Grevtsov Pabliher Publ., 2007. 352 p.
2. Vumek Dz., Dzhons D. *Berezhliovoe proizvodstvo: Kak izbavit'sya ot poter' i dobit'sya protsvetaniya vashei kompanii* [Lean Manufacturing: How to Eliminate Losses and to Achieve Prosperity of Your Company]. Moscow, Al'pina Biznes Buks Publ., 2008. 474 p.
3. Druchevskaya I.A. The implementation of lean production at the Russian enterprises. In: European Student Scientific Journal. Available at: <https://sjes.esrae.ru/> (accessed 18.12.2016).
4. Saati T.L. Prinyatie reshenii. Metod analiza ierarkhii [Decision Making. Hierarchy Analysis Method]. M., Radio i svyaz', 1989. 316 p.
5. Pavlovskaya I. Lean manufacturing with an eye to the Russian mentality. Lean Info. Available at: <http://www.leaninfo.ru/2009/04/03/lean-and-russian-mentality/> (accessed 20.12.2016).
6. Saaty T.L. Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World. Pittsburgh: RWS Publications, 1990. 292 p.
7. Suzaki K. *Gestão de Operações Lean. Metodologias Kaizen para a melhoria continua*. Lean; Porto: LeanOp Press, 2013. 304 p.

---

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Бром Алла Ефимовна* – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры Промышленной логистики Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана;  
e-mail: [allabrom@bmstu.ru](mailto:allabrom@bmstu.ru)

*Белонос Кирилл Юрьевич* – студент кафедры «Промышленная логистика» Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана;  
e-mail: [abrom@yandex.ru](mailto:abrom@yandex.ru)

**INFORMATION ABOUT THE AUTHOR**

*Alla Ye. Brom* – Doctor of Engineering, Professor at the Industrial Logistics Department at Bauman Moscow State Technical University;  
e-mail: allabrom@bmstu.ru

*Kirill. U. Belonosov* – Student at the Industrial Logistics Department at Bauman Moscow State Technical University;  
e-mail: abrom@yandex.ru

---

**ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА**

Бром А.Е., Белоносов К.Ю. Разработка подхода к внедрению системы бережливого производства на основе метода анализа иерархий // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. 2017. № 2. С. 46-53.

DOI: 10.18384/2310-6646-2017-2-46-53

**CORRECT REFERENCE**

Brom A.Ye., Belonosov K.U. Designing an Approach to Lean Production System Implementation Based on Hierarchy Analysis Method. *Bulletin of Moscow Region State University. Series: Economics*, 2017, no. 2, pp. 46-53.

DOI: 10.18384/2310-6646-2017-2-46-53