

УДК 005.6

*Уланова А. В., Лебедева А. А.
Национальный исследовательский университет «МЭИ»,
г. Москва*

*Ulanova A. V., Lebedeva A. A.
National Research University «MEI»,
Moscow*

**ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ
МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА КАК СПОСОБ УЛУЧШЕНИЯ
КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА**

**CONSISTENT APPLICATION OF QUALITY MANAGEMENT
METHODS AS A WAY TO IMPROVE PRODUCT QUALITY
IN THE PRODUCTION PROCESS**

Аннотация

Введение. Статья посвящена поиску возможностей предотвращения повторного возникновения производственных проблем на основе глубокого анализа процессов и последовательного применения инструментов менеджмента качества. Цель исследования заключается в разработке мероприятий, обеспечивающих сокращение дефектов производства, выполнение плана по качеству и способствующих повышению конкурентоспособности предприятия.

Материалы и методы. Для достижения цели использованы общенаучные (наблюдение, анализ, синтез) и специфичные методы исследования («8D», экспертных оценок, Рока-Йоке, FMEA-методология). Объект исследования – производственный процесс цеха экструзии ООО «Электрорешения-П». Предмет исследования – изучение возможности

снижения остроты проблемы повторного увеличения доли дефектов при производстве гибких гофрированных труб.

В качестве эмпирической базы использованы материалы предприятия. Методологическую базу исследования составили научные источники по исследуемой проблеме.

Результаты исследования. Внедрение разработанных мероприятий позволило сократить дефекты производства и повысить качество продукции, выпускаемой ООО «Электрорешения-П». Последовательное применение методов менеджмента качества способствовало повышению точности параметров технологического процесса, снижению влияния человеческого фактора.

Обсуждение и заключение. Практическая значимость полученных результатов состоит в возможности использования опыта компании, связанного с последовательным применением методов менеджмента качества для улучшения процессов производства.

Abstract

Introduction. The article is devoted to the search for ways to prevent the recurrence of production problems based on an in-depth analysis of processes and consistent application of quality management tools. The purpose of the study is to develop measures to reduce production defects, implement a quality plan and enhance the competitiveness of the enterprise.

Materials and methods. To achieve this goal, general scientific (observation, analysis, synthesis) and specific research methods ("8D", expert assessments, Poka-Yoke, FMEA methodology) were used. The object of the study is the production process of the extrusion shop of LLC Electroresheniya-P. The subject of the study is to study the possibility of reducing the severity of the

problem of re-increasing the proportion of defects in the production of flexible corrugated pipes.

Research results. The implementation of the developed measures made it possible to reduce production defects and improve the quality of products manufactured by Electroresheniya-P LLC. Consistent application of quality management methods has contributed to improving the accuracy of the technological process parameters and reducing the influence of the human factor.

Discussion and conclusion. The practical significance of the results obtained lies in the possibility of using the company's experience related to the consistent application of quality management methods to improve production processes.

Ключевые слова: менеджмент качества; методология «8D»; FMEA-методология; экспертная оценка рисков; Poka-Yoke; мониторинг производственных процессов на предприятии; анализ причин и последствий отказов оборудования, снижение дефектов

Keywords: quality management, 8D methodology, FMEA methodology, expert risk assessment, Poka-Yoke, process monitoring, cause analysis, analysis of the causes and consequences of failures, defect reduction

Благодарности. Авторы выражают благодарность ООО «Электрорешения-П» за предоставленные материалы.

Acknowledgements. The authors would like to thank Electroresheniya-P LLC for the materials provided.

Введение

Деятельность современного предприятия невозможна без применения методов менеджмента качества. Их последовательное использование

позволяет повышать качество продукции и устранять производственные проблемы, способствует обеспечению конкурентоспособности компании [1].

Достаточно распространенными являются ситуации, когда на производстве реализуются корректирующие мероприятия. При этом затем, в ходе мониторинга процессов, вновь выявляются повторения уже имевших место или схожих проблем.

Одной из наиболее частых причин повторяющихся проблем является поверхностный анализ производственных процессов на этапе разработки корректирующих мероприятий. Ограниченное применение методов менеджмента качества не позволяет оценить ситуацию в полной мере и идентифицировать причину отклонений. Данная ситуация объясняет актуальность и обуславливает выбор темы исследования. Последовательное применение совокупности методов управления качеством рассматривается на примере ООО «Электрорешения-П».

Обзор литературы

Метод FMEA является известным и нередко применяемым инструментом для анализа потенциальных рисков и несоответствий при проектировании продукции и процессов ее производства.

Данный подход используется для оценки рисков, возникающих при получении и процессе эксплуатации полимерных композитных материалов и промышленных изделий из них [2]. Ряд работ [3] посвящен подробному рассмотрению основных этапов анализа недостатков внутреннего контроля фондов научных исследований и оценки рисков. Автор обозначает подходы предварительного контроля наиболее рискованных областей в бизнес-процессах и системах, предварительная идентификация и оценка рисков, сопутствующих какой-либо экономической деятельности.

Ряд работ посвящен разработке программ для ЭВМ, предназначенных для анализа влияния отказов критичного и высококритичного оборудования на функционирование технологического процесса. Областью применения является оптимизация эксплуатации, технического обслуживания и ремонта оборудования. Программа, разработанная авторами [4], позволяет определять виды потенциальных отказов, причины и последствия потенциальных отказов, действующих мер по обнаружению дефектов и их причин, производить расчёт приоритетного числа риска и разработку мероприятий по его снижению.

В работе [5] авторами проанализирован первый этап исследования поставленной задачи на открытом дата сете NASA о рабочих циклах двигателей до их отказа. Применение метода FMEA, базирующемся на оценке рисков по трем критериям: и вероятности обнаружения (D) каждого из возможных потенциальных дефектов, тяжесть последствий при реализации отказа (S), вероятность возникновения отказа (O). Первые два критерия основаны на экспертной оценке, полученной в соответствии с методами искусственного интеллекта. Авторами [5] предложена модификация третьего критерия. В своей работе авторы заменили экспертную оценку критерия «вероятность возникновения» моделью машинного обучения, способной спрогнозировать этот показатель на основе статистических данных.

В статье [6] рассмотрены проблемы восприятия предварительного анализа объекта специалистами-экспертами в рамках FMEA. Подробно описан этап структурного анализа процесса в рамках PFMEA на основе нового руководства AIAG & VDA FMEA Handbook. В процессе его описания указаны отличия в подходах к структурному анализу процесса в новом руководстве по сравнению с предыдущим.

Все эти исследования объединены целью получить усовершенствованную систему FMEA, способную оценивать риски быстро

и качественно. Недостатком большинства из представленных работ является их дороговизна использования (за счет формализованного подхода) и сложность для внедрения на промышленном предприятии небольшого объема производства. В нашей статье авторы хотели бы остановиться на доработке существующей методики FMEA, чтобы получить гибкую недорогую и наиболее объективную систему. Это достигается с помощью последовательного применения специфичных методов исследования: «8D», экспертных оценок, Poka-Yoke.

Материалы и методы

Производственная проблема, рассматриваемая в настоящей статье, – повторное увеличение доли дефектов гибких гофрированных труб, вновь выявленное через один месяц после проведения корректирующих мероприятий. Мероприятия, разработанные для решения проблемы, предусматривали последовательное применение инструментов менеджмента качества. Один из них – методология «8D», предполагающая последовательную реализацию шагов, указанных на рис. 1.

Для анализа проблемы повторного увеличения доли дефектов также использована причинно-следственная диаграмма Исикавы (рис. 2). Метод японского профессора Каору Исикавы является графическим изображением, напоминающим скелет рыбы. Обычно анализ производится по 4 основным причинным факторам: человек (man); машина (machine) (оборудование); метода работы (method) и материал (material). Применение причинно-следственной диаграммы позволяет выявить и сгруппировать условия и факторы, влияющие на данную проблему.



Рис. 1 – Шаги методологии «8D» [2]

После выявления наиболее значимых факторов (на диаграмме они выделены серым цветом), проведена оценка из взаимного влияния, позволившая установить, что:

- ошибки в настройке оборудования (15 %) возникают вследствие неверного определения корректирующих действий (13 %), которые, в свою очередь, являются результатом некорректных рекомендаций разработанной FMEA-методологии (16 %).

- ошибки в настройке оборудования (15 %) возникают вследствие избыточного количества параметров его настройки и сложности их одновременного контроля (12 %).

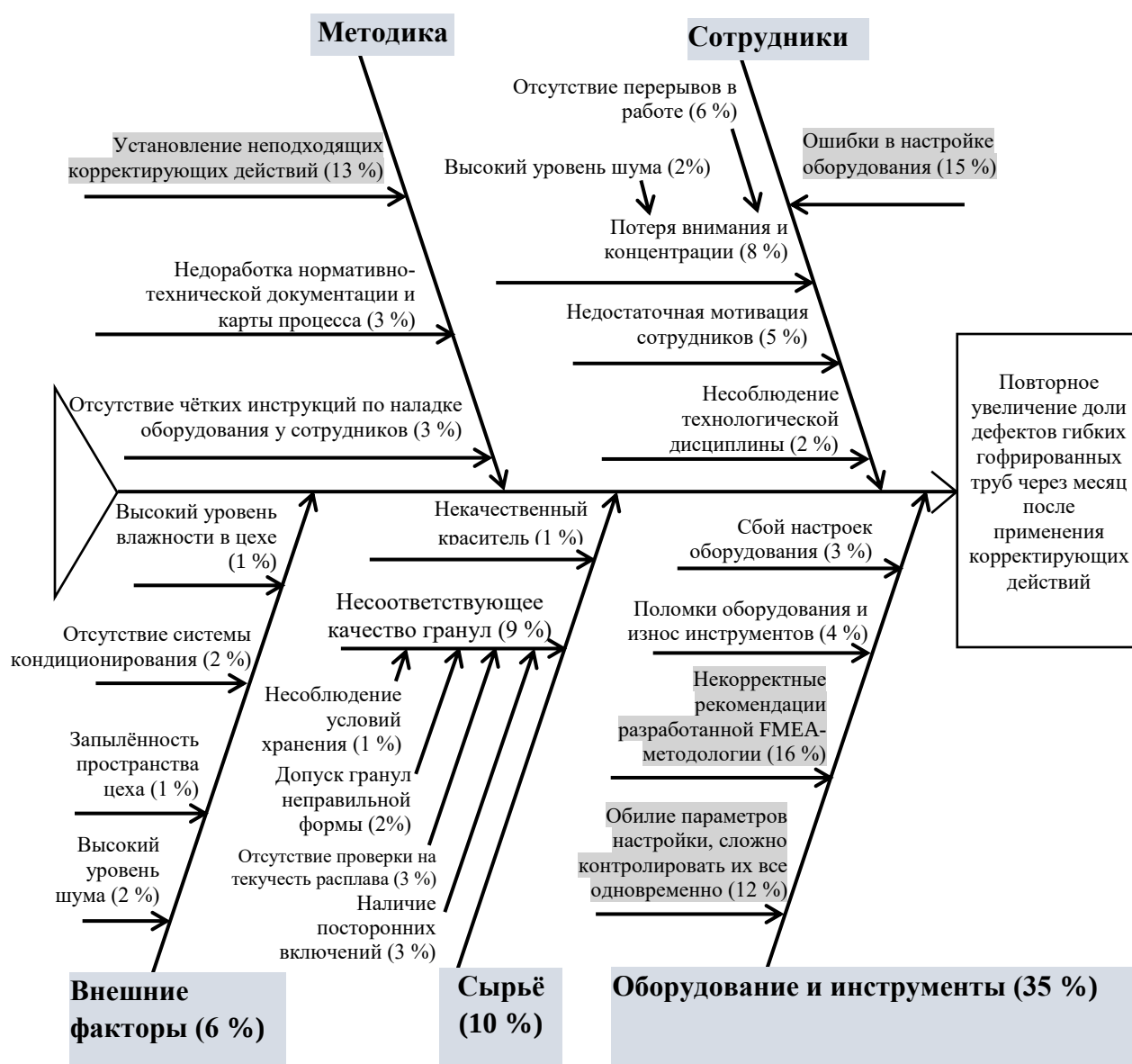


Рис. 2 – Диаграмма Исикавы по причинам повторного увеличения дефектов гибких гофрированных труб в ООО «Электрорешения-П»

Еще одним методом анализа видов и последствий отказов явилась FMEA-методология. Анализ видов и последствий отказов (FMEA) является систематизированным методом исследования объекта или процесса, в основе которого лежит выявление возможных отказов, а также влияния этих отказов на функционирование объекта или процесса, окружающую среду и персонал [7].

Использование FMEA-методологии применительно к деятельности ООО «Электрорешения-П» позволило исследовать процесс производства

гибких гофрированных труб и выявить факторы, повлиявшие на возникновение различных видов дефектов.

В табл. 1 приведены данные за июль–декабрь 2024 года, использованные для оценки результативности применяемой в ООО «Электрорешения-П» FMEA-методологии.

Таблица 1

Показатели дефектов до внедрения мероприятий (июль – декабрь 2024 года)							
Показатель	07.2024	08.2024	09.2024	10.2024	11.2024	12.2024	Всего
1	2	3	4	5	6	7	8
Число возникших дефектов, ед.	1 306	1 219	1 014	1 078	1 102	1 011	6 730
Из них дефектов, вызванных некорректной работой оборудования, ед.	398	421	414	371	389	394	2 387
Доля успешной наладки оборудования после применения рекомендаций, %	85	82	79	82	86	84	83 % (среднее)

На основе данных табл. 1 представляется возможным сделать следующие выводы:

1. На протяжении рассматриваемого периода около трети дефектов было связано с некорректной работой оборудования (2 387 из 6 730);
2. Использование рекомендаций, разработанных на основании результатов FMEA-анализа, способствовало устранению проблем в среднем в 83 % случаев.

Таким образом, мероприятия, используемые на предприятии, и разработанные на основании анализа корректирующие действия, оказались неэффективными для 17 % случаев. В значительной степени это связано с

недостаточно глубоким исследованием производственных процессов, не позволившим установить коренные причины возникновения дефектов.

Применение несовершенных аналитических инструментов ограничивает возможности достижения запланированных значений показателей качества. Еще одной причиной является человеческий фактор (например, ошибки, допускаемые операторами при настройке оборудования).

В качестве корректирующего действия в рамках применения методологии «8D»: было предложено усовершенствовать методику FMEA-анализа потенциальных дефектов и разработать рекомендации по устранению причин их возникновения. Для более точной количественной оценки приоритетного числа рисков (ПЧР) и определения наиболее значимых дефектов, обуславливающих высокие риски процесса экструзии, был применен метод экспертной оценки рисков [8].

Метод экспертной оценки рисков – это способ выявления и оценки рисков. Суть его заключается в привлечении высококвалифицированных специалистов-экспертов для анализа и выработки заключения по предложенной проблеме. Метод предполагает сбор и изучение экспертных оценок, выполненных различными специалистами на основе их профессионального опыта и знаний.

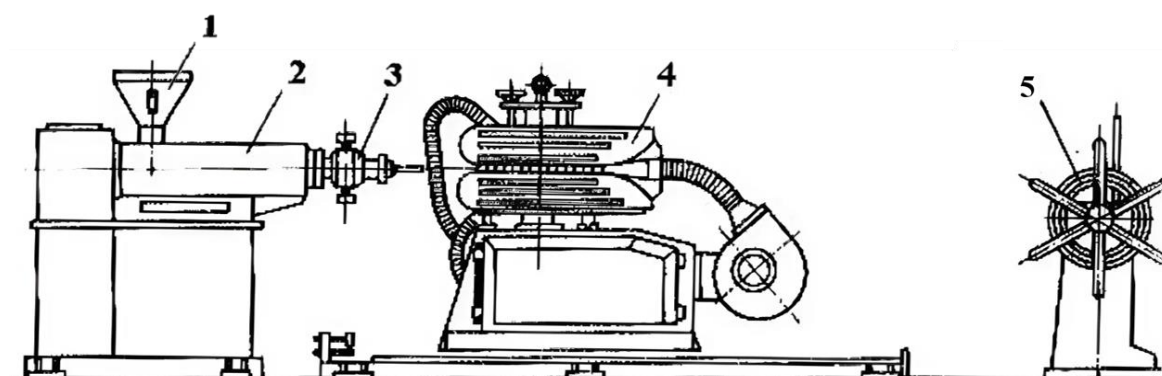
ООО «Электрорешения-П» осуществляет производство широкого спектра гофрированных труб, ассортимент продукции представлен в таблице 2.

Технологическая линия по производству гофрированных труб путем экструзии, используемая в ООО «Электрорешения-П», схематично показана на рис. 3.

Таблица 2

Виды производимых ООО «Электрорешения-П» экструдированных труб

Форма трубы	Материал	Тип исполнения	Количество стенок трубы	Наличие протяжки	Диаметры, мм
1	2	3	4	5	6
Гофрированная	ПНД	легкая (гибкая)	Одностенная	Наличие	16, 20, 25, 32, 40, 50, 63
		тяжелая (гибкая)			16, 20, 25, 32, 40, 50
		гибкая	Двустенная	Отсутствие	40, 50, 63, 75, 90, 110, 125, 160, 200
		жесткая		Наличие	50, 63, 75, 90, 110, 125, 160, 200
	ПВХ	легкая	Одностенная	Отсутствие	16, 20, 25, 32, 40, 50, 63
		тяжелая			25, 32, 40, 50
	безгалогеновая (негорючая)	гибкая	Одностенная	Наличие	16, 20, 25, 32, 40, 50, 63
Гладкая	ПНД	жесткая	Одностенная	Отсутствие	25, 32, 40, 50, 63
	ПВХ				16, 20, 25, 32, 40, 50, 63



1 – бункер; 2 – экструдер; 3 – головка экструдера; 4 – гофратор;
5 – намоточное устройство

Рис. 3 – Схема технологической линии по изготовлению гофрированной ПНД трубы [9]

Экструдер имеет восемь зон (цилиндров), что усложняет работу операторов, поскольку для каждого вида и диаметра труб необходимо проводить настройку разных температурных режимов в каждой зоне. Для снижения вероятности возникновения ошибок операторов при настройке

оборудования (снижения влияния человеческого фактора) применен метод Poka-Yoke.

Poka-Yoke – это один из инструментов бережливого производства, был впервые применен Сигео Синго в 1960-х годах для защиты производственных процессов от человеческих ошибок (неверных действий человека).

Результаты исследования

Экспертная оценка предполагает учет и оценку возможных рисков возникновения потенциальных дефектов (табл. 3).

Таблица 3

Реестр рисков [10]

№	Потенциальные дефекты	Тяжесть последствий (баллы)	Вероятность возникновения (баллы)	Вероятность выявления (баллы)	Уровень риска (3*4*5)	Оценка риска (высокий /средний /низкий)
1	2	3	4	5	6	7
1	Продольные полосы, риски	3	4	2	24	Низкий
2	Посторонние включения	4	3	4	48	Средний
3	Потемнение поверхности	5	5	2	50	Средний
4	Тусклая поверхность	3	4	3	36	Низкий
5	Шероховатая поверхность	4	7	4	112	Высокий
6	Среднее значение толщины больше (или меньше заданного)	4	3	3	36	Средний
7	Разнотолщинность в поперечном направлении	5	7	3	105	Высокий
8	Разнотолщинность в продольном направлении	5	4	4	80	Средний
9	Низкая механическая прочность	6	7	3	126	Высокий

Для оценки риска использована следующая шкала (табл. 4).

Таблица 4

Шкала оценки уровня риска [10]

Тяжесть последствий / Вероятность возникновения	Общий уровень риска
Высокие потери / Высокая вероятность	Высокий
Высокие потери / Низкая вероятность	Высокий
Средние потери / Высокая вероятность	Средний / Низкий
Средние потери / Средняя вероятность	Средний
Средние потери / Низкая вероятность	Средний / Низкий
Малые потери / Высокая вероятность	Низкий
Малые потери / Средняя вероятность	Низкий
Малые потери / Низкая вероятность	Низкий

Проведенная оценка позволяет построить карту рисков (табл. 5).

Таблица 5

Карта рисков возникновения дефектов

Вероятность возникновения и обнаружения	29-31									
	26-28			№5						
	23-25									
	20-22				№7	№9				
	17-19									
	14-16				№8					
	11-13		№4	№2						
	8-10		№1	№6	№3					
	5-7									
	2-4									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Тяжесть воздействия									

Анализ информации, визуализированной с использованием карты рисков, позволяет заключить, что основные усилия должны быть направлены на минимизацию вероятности возникновения потенциальных дефектов: № 5 (шероховатая поверхность), № 7 (разнотолщинность в поперечном направлении) и № 9 (низкая механическая прочность).

Для каждого из выявленных потенциальных дефектов были разработаны рекомендации. В FMEA-таблице (табл. 6) представлены результаты количественной оценки отказа (ПЧР-приоритетного числа риска) с точки зрения его значимости последствиям (S), вероятности возникновения дефекта (O) и вероятности обнаружения (D) каждого из

возможных потенциальных дефектов, а также даны рекомендации по их устранению.

Таблица 6

ФМЕА-анализ потенциальных видов дефектов при производстве гибких гофрированных труб

Потенциальный дефект	Влияние дефекта		Причины дефекта		Выявление дефекта		ПЧР
	Описание	S	Описание	O	Описание	D	
Продольные полосы, риски	Изменение внешнего вида, снижение прочности	3	Дефекты РПФИ; ее загрязнение пригарами полимера	4	Визуальный контроль	2	24
Посторонние включения	Неправильная структура, повышена хрупкость	4	Недостаточно фильтрующих сеток, их прорыв; загрязненное сырье	3	Визуальный контроль	4	48
Потемнение поверхности	Разложение полимера	5	Перегрев расплава	5	Визуальный контроль	2	50
Тусклая поверхность	Изменение внешнего вида, неравномерный окрас	3	Плохо отшлифованы РПФИ; ППР; резкое охлаждение экструдера	4	Визуальный контроль	3	36
Шероховатая поверхность	Изменение внешнего вида, неравномерная толщина, разрывы потока	4	Загрязненное или влажное сырье; низкая t расплава; загрязнение РПФИ. Перерыв в питании, высокая СВР; уменьшение ФЗ	7	Визуальный контроль	4	112
Среднее значение толщины больше (или меньше заданного)	Неравномерная толщина, повышенное разбухание экструдата	4	Несоответствие СВР и отвода изделия; неточная калибровка ФЗ; несоответствие ТСП экструзии	3	Инструментальный контроль	3	36
Разнотолщинность в поперечном направлении	Неравномерная толщина, снижена прочность	5	Смещение ФЗ, неравномерное распределение температуры	7	Инструментальный контроль	3	105
Разнотолщинность в продольном направлении	Неравномерная толщина, снижение прочности стенок	5	Непостоянная СОИ; пульсация изделия из-за неравномерной СВР; недостаточное СФГ; неравномерная СОИ (проскальзывание)	4	Инструментальный контроль	4	80
Низкая механическая прочность	разрушение от воздействия допустимых нагрузок	6	ППР; не отрегулирован t режим; низкая степень вытяжки	7	Инструментальный контроль	3	126

РПФИ – рабочая поверхность формующего инструмента; СВР – скорость выдавливания расплава; ФЗ – формующий зазор; ТСП – температурно-скоростные параметры; СОИ – скорость отвода изделия; ППР – плохое перемешивание (неоднородность) расплава; СФГ – сопротивление формующей головки; t – температура (или температурный).

Окончание таблицы 6

Потенциальный дефект	Рекомендации	Ответственный	Результаты анализа			
			S	O	D	R
Продольные полосы, риски	Вычистить, отшлифовать (или перехромировать) РПФИ	Старший наладчик линии	3	3	2	18
Посторонние включения	Увеличить число фильтрующих сеток, заменить сетки, заменить партию сырья	Старший оператор линии	4	2	4	32
Потемнение поверхности	Вычистить экструдер и РПФИ. Снизить t в зонах цилиндра или увеличить частоту вращения шнека	Старший наладчик линии	5	4	2	40
Тусклая поверхность	Отшлифовать РПФИ, повысить давление в головке экструдера, снизить t в зонах цилиндра, настроить ТСП шнека, изменить режим охлаждения экструдера после выхода из головки	Старший наладчик линии	3	3	3	27
Шероховатая поверхность	Заменить партию сырья или подсушить, повысить t формующей головки. Отшлифовать РПФИ. Соблюдать непрерывное питание, снизить частоту вращения шнека и СОИ, изменить зазор или заменить головку	Старший наладчик линии	4	6	4	96
Среднее значение толщины больше (или меньше заданного)	Изменить частоту вращения шнека или СОИ. Откалибровать ФЗ. Отрегулировать ТСП процесса в соответствии показателями сырья	Старший оператор линии	4	2	3	24
Разнотолщинность в поперечном направлении	Отрегулировать ФЗ. Отрегулировать температуру в головке экструдера	Старший оператор линии	5	5	3	75
Разнотолщинность в продольном направлении	Отрегулировать СОИ. Изменить частоту вращения шнека, отрегулировать t во всех зонах цилиндра и охлаждение шнека. Снизить температуру в головке, установить дополнительные сетки или формующий инструмент большего сопротивления. Поджать валки тянущего устройства	Старший оператор линии	5	3	4	60
Низкая механическая прочность	Увеличить СФГ экструдера путем установки дополнительных сеток. Отрегулировать t режим. Увеличить СОИ, снизить частоту вращения шнека	Старший оператор линии	6	5	3	90

РПФИ – рабочая поверхность формующего инструмента; СВР – скорость выдавливания расплава; ФЗ – формующий зазор; ТСП – температурно-скоростные параметры; СОИ – скорость отвода изделия; ППР – плохое перемешивание (неоднородность) расплава; СФГ – сопротивление формующей головки; t – температура (или температурный).

Реализация указанных в табл. 6 рекомендаций позволила значительно снизить ПЧР. Значение показателя рассчитывается как произведение значений, указанных в графах S (Влияние дефекта), O (Причины дефекта), D (Выявление дефекта) таблицы 6. Методика FMEA-анализа

потенциальных дефектов позволяет выявить «узкие» места производственного процесса, по каждому из потенциальных дефектов. Рассмотренные же рекомендации позволили снизить лишь один из трех параметров – О. Значения индикаторов S и D не изменились. Для дальнейшего снижения ПЧР, в первую очередь для дефектов с высоким уровнем риска, был применен метод Poka-Yoke.

Поскольку на возникновение основных видов дефектов продукции оказывает влияние температурный режим в зонах экструдера, применение Poka-Yoke рассмотрено в контексте защиты от непреднамеренных ошибок операторов по установке несоответствующих параметров температуры в зонах экструдера.

Для того, чтобы сотрудники на конкретных рабочих местах имели возможность оперативно регулировать настройку температурных режимов для каждой из восьми зон цилиндров в соответствии с технологическими требованиями, целесообразно разработать и использовать ламинированные карточки для каждого вида и диаметра производимых труб (ламинирование позволит предотвратить непреднамеренные повреждения карточек).

Применение метода Poka-Yoke (в данном случае ламинирование карточек) снижает:

- значимость последствий отказа (S) (поскольку устанавливаемая в зонах цилиндра температура в таком случае находится в пределах нормативных значений, не вызывая перегрева оборудования);
- вероятность возникновения отказов (О) (за счет уменьшения количества непреднамеренных ошибок со стороны операторов в установке температурных режимов, и нарушения требований технологического процесса под каждый типоразмер труб).

Результаты оценки снижения приоритетного числа рисков в после применения метода Poka-Yoke систематизированы в табл. 7 (зеленым цветом выделены сниженные показатели).

Таблица 7

Оценка ПЧР после применения Poka-Yoke

Потенциальный дефект	Результаты до применения Poka-Yoke				Результаты после применения Poka-Yoke			
	S	O	D	ПЧР	S	O	D	ПЧР
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Продольные полосы, риски	3	3	2	18	3	3	2	18
Посторонние включения	4	2	4	32	4	2	4	32
Потемнение поверхности	5	4	2	40	4	3	2	24
Тусклая поверхность	3	3	3	27	2	3	3	18
Шероховатая поверхность	4	6	4	96	3	4	4	48
Среднее значение толщины больше (или меньше заданного)	4	2	3	24	3	2	3	16
Разнотолщинность в поперечном направлении	5	5	3	75	4	4	3	48
Разнотолщинность в продольном направлении	5	3	4	60	4	2	4	32
Низкая механическая прочность	6	5	3	90	4	4	3	48

Таким образом, использование ламинированных карточек позволило снизить производственные потери, обусловленные выпуском несоответствующей продукции. Последовательное применение методов менеджмента качества позволило минимизировать риски возникновения дефектов.

Перспективными направлениями улучшения качества процессов и продукции по мнению авторов, может быть автоматизация настройки режимов нагрева зон цилиндра. Для этого необходима разработка базы данных, сформированной из экспертных сведений о видах продукции, которая содержала бы стандартные температурные режимы каждой зоны цилиндра для всех видов изготавливаемых труб. В зависимости от поставленной задачи оператор будет выбирать из базы данных вид продукции, в соответствии с которым выдается управляющая команда. Эта

команда запускает нагрев всех восьми зон цилиндра до заданных температур [11]. Вместе с тем внедрение автоматизации требует существенных материальных затрат, поэтому может быть рассмотрена предприятием как стратегическая возможность развития.

Обсуждение и заключение

Практическое применение разработанных мероприятий предполагает затраты, связанные с:

- обучением сотрудников методологии «8D»;
- применением методологии «8D» для решения проблемы повторного появления дефектов производимой продукции;
- проведением экспертной оценки рисков;
- печатью ламинированных карточек для каждого вида и диаметра производимых труб на каждое рабочее место;
- премирование сотрудников по результатам улучшений.

В табл. 8 проведены соответствующие расчеты.

Таблица 8

Расчет затрат на реализацию предлагаемых мероприятий

Мероприятие	Обоснование затрат	Расчет
1	2	3
Обучение сотрудников методологии «8D»	Обучение необходимо для 8 сотрудников. Стоимость обучения – 6 000 руб. за 1 сотрудника.	$8 \times 6\,000 = 48\,000$ руб.
Печать ламинированных карточек для каждого вида и диаметра производимых труб	Количество наименований выпускаемых изделий – 60. Необходимое количество карточек – 30 шт. на каждое рабочее место. Количество рабочих мест – 12. Стоимость печати 1 листа – 20 руб. (печать двусторонняя). Стоимость ламинирования – 150 руб. за 1 лист.	$(30 \times 12 \times 20) + (30 \times 12 \times 150) = 7\,200 + 54\,000 = 61\,200$ руб.

окончание таблицы 8

1	2	3
Премирование сотрудников	Сумма премиальных выплат одному сотруднику – 14 300 руб. (с учетом социальных отчислений). Количество поощряемых сотрудников – 8 чел., в том числе: - за внедрение методологии «8D» – 4; - за проведение экспертной оценки рисков – 2; - за реализацию мероприятия Poka-Yoke – 2.	$8 \times 14\,300 = 114\,400$ руб.
Итого:		223 600 руб.

Использование методологии «8D» и проведение экспертной оценки рисков осуществляется сотрудниками предприятия в рамках их должностных обязанностей, поэтому не предполагает дополнительных расходов.

В результате внедрения разработанных мероприятий было зафиксировано снижение доли дефектов (табл. 9).

Таблица 9

Показатели дефектов после внедрения мероприятий (январь – июнь 2025 года)

Показатель	01.2025	02.2025	03.2025	04.2025	05.2025	06.2025	Всего
1	2	3	4	5	6	7	8
Число возникших дефектов, ед.	821	721	834	762	705	669	4 512
Из них дефектов, вызванных некорректной работой оборудования, ед.	175	131	136	127	108	101	778
Доля успешной наладки оборудования после применения рекомендаций, %	88	91	94	92	93	94	92% (среднее)

Проведем оценку выручки, недополученной предприятием по причине возникновения производственных дефектов. При проведении расчетов использована средняя цена реализации 1 бухты производимой гибкой гофрированной трубы, равной 125 руб.

До внедрения мероприятий (табл. 1):

$$6\,730 \times 125 = 841\,250 \text{ руб.}$$

После внедрения мероприятий (табл. 9):

$$4512 \times 125 = 564\,000 \text{ руб.}$$

Недополученная выручка снизилась на:

$$841\,250 - 564\,000 = 277\,250 \text{ руб.}$$

Реализация рассмотренных мероприятий позволит и в дальнейшем минимизировать сумму недополученной выручки.

Экономический эффект, рассчитываемый как разность между дополнительной выручкой от внедрения мероприятий и затратами на их внедрение, составил:

$$277\,250 - 223\,600 = 53\,650 \text{ руб.}$$

Если считать постоянным размер дополнительной выручки от внедрения мероприятий за 12 месяцев, то дополнительная выручка за год составит:

$$277\,250 \times 2 = 554\,500 \text{ руб.}$$

В таком случае экономический эффект за год составит:

$$554\,500 - 223\,600 = 330\,900 \text{ руб.}$$

Экономическую эффективность можно рассчитать по формуле:

$$\mathcal{E} = \frac{\text{Ээф.}}{C} * 100\%, \quad (1)$$

где:

Ээф– экономический эффект,

C – затраты на мероприятия.

Таким образом, экономическая эффективность составит:

$$\mathcal{E} = \frac{330\,900}{223\,600} \times 100\% = 148 \, \%.$$

По результатам расчетов экономический эффект от внедрения мероприятий составит 330 900 руб. в год, затраты на внедрение мероприятий равны 223 600 руб. Экономическая эффективность составила 148 % в год.

Полученное значение показателя экономической эффективности превышает 100 % и свидетельствует о том, что предложенные мероприятия способны оказать позитивное влияние на рост прибыли предприятия за счет улучшения качества продукции, снижения затрат на брак и переделки.

Таким образом, внедрение цехом экструзии разработанных мероприятий позволило получить следующие результаты:

- снижение общей доли дефектов по гофрированным трубам за счет применения методологии «8D», была доработана методология FMEA-анализа с подачей рекомендаций;
- снижение доли дефектов, обусловленных проблемами с настройкой оборудования в результате использования на каждом рабочем

месте ламинированных карточек с температурными режимами по всем восьми зонам экструдера;

- повышение результативности применения FMEA-методологии на 9 % (с 83 % до 92 %);
- снижение недополученной из-за брака выручки от изготовления дефектной продукции на 554 500 руб. за год.

Таким образом, последовательное применение методов менеджмента качества позволило углубить анализ существующих проблем предприятия и разработать результативные мероприятия, обеспечившие улучшение качества продукции. Рассмотренный опыт может быть применен и в других структурных подразделениях ООО «Электрорешения-П», распространен среди предприятий и организаций.

Список использованных источников

1. *Ягафарова Э. И.* Качество продукции как основа конкурентоспособности предприятия // «Современные тенденции и инновации в науке и производстве» материалы XI международной научно-практической конференции. - Междуреченск: КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева, 2022. – С. 254.1–254.8.
2. *Джемилов Э. Ш., Алиев А. И., Палаш И. О., Ресутов Ф. Л.* Возможности применения FMEA-анализа для исследования качества изделий из полимерных композитных материалов // Вестник современных технологий. 2023, №3 (31). - С. 22-28.
3. *Потапов Ю. А.* FMEA-анализ: особенности модели / Ю. А. Потапов // Глобальные проблемы модернизации национальной экономики: Материалы VIII Международной научно-практической конференции, Тамбов, 17–18 апреля 2019 года / Ответственный редактор А.А. Бурмистрова. – Тамбов: Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, 2019. – С. 499-510. – EDN BQNBHU.
4. *Тавберидзе Т. А., Буденный С. А., Казеннов А. М., Румянникова Г. Э., Филиппов Д. Д., Орлов Р. В., Давыдов Д. Л., Казеннов И. М., Дедов Д. В.* FMEA (АНАЛИЗ ВИДОВ И ПОСЛЕДСТВИЙ ОТКАЗОВ) Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2021612209, 12.02.2021. Заявка № 2021611320 от 05.02.2021.

5. Подоплелова Е. С., Князев И. И. Модификация метода FMEA при помощи алгоритмов машинного обучения // Известия ЮФУ. Технические науки. 2023. № 6 (236). С. 88-95. DOI 10.18522/2311-3103-2023-6-88-95.
6. Панюков Д. И., Козловский В. Н., Айдаров Д. В. Новое руководство по FMEA: структурный анализ процессов. Методы менеджмента качества. 2020. № 10. - С. 36-42.
7. ГОСТ Р 27.303-2021 (МЭК 60812:2018). Национальный стандарт Российской Федерации. Надежность в технике. Анализ видов и последствий отказов. (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 21.09.2021 N 987-ст). Режим доступа: https://meganorm.ru/mega_doc/norm/gost-r_gosudarstvennyj-standart/10/gost_r_27_303-2021_mek_60812_2018_natsionalnyy_standart.html?ysclid=mdzrr7b8uk664248181 (дата обращения 05.06.2025).
8. Хорольская Т. Е., Шалыгин А. А., Цигипало А. А. Риск-менеджмент в деятельности производственных систем // Вестник академии знаний. – 2023. – № 6 (59). – С. 722–726.
9. Технологии изготовления гофрированных труб. Режим доступа: https://studref.com/697448/matematika_himiya_fizik/tehnologii_izgotovleniya_gofrirovanny_h_trub (дата обращения: 12.03.2025).
10. Газарян Н. В. Практические аспекты стандартизации деятельности по управлению рисками и возможностями в системе менеджмента отечественных предприятий // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. – 2025. – №1 (82). – С. 29–38.
11. Гусейнов А. Г., Манафова Х. И. Разработка архитектуры системы автоматизированного программирования для управления гибкими производственными системами // Вестник Дагестанского государственного университета. серия 1: естественные науки. – 2022. – № 4. – С. 17–23.
12. Лебедева А. А., Уланова А. В. Метод FMEA и карта PDPC: связанное применение для улучшения процессов // Методы менеджмента качества. – 2025. – № 2. – С. 30–36.
13. Уланова А. В., Ерин Д. А. Оптимизация проектной деятельности в сфере информационных технологий / А. В. Уланова, Д. А. Ерин // Время науки: актуальные вопросы, достижения, инновации: сборник статей V Международной научно-практической конференции. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2025. – С. 151–158.

14. Шацкий Н. В., Уланова А. В., Орлова Е. С. Системы менеджмента качества и устойчивое развитие организации КЗХ «БИРЮСА»/ Н.В. Шацкий, А.В. Уланова, Е.С. Орлова // Международная научно-техническая конференция «СМиС-2024. Технологии управления качеством» 22 мая-24 мая 2024. – Москва: Московский Политех, 2024. - С. 542-552.
15. Федоськина Л.А., Уланова А.В. Качество в логистических системах: ключевые аспекты // Приоритетные и перспективные направления научно-технического развития Российской Федерации: материалы VI Всерос. науч.-практ. конф. Выпуск 1. (1-2 марта 2023 г., г. Москва). – Москва: Государственный университет управления, 2023. – С. 298-301. ISBN: 978-5-215-03666-2.

References

1. YAgafarova E. I. *Kachestvo produkci kak osnova konkurentosposobnosti predpriyatiya: // «SOVREMENNYE TENDENCII I INNOVACII V NAUKE I PROIZVODSTVE» MATERIALY XI MEZHDUNARODNOJ NAUCHNO-PRAKTICHESKOJ KONFERENCII* [Product quality as the basis of an enterprise's competitiveness. "MODERN TRENDS AND INNOVATIONS IN SCIENCE AND PRODUCTION" PROCEEDINGS OF THE XI INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE]. - Mezhdurechensk: KuzGTU im. T.F. Gorbacheva, 2022. – Pp. 254.1–254.8. (In Russ.).
2. Dzhemilov E. SH., Aliev A. I., Palash I. O., Resutov F. L. *Vozmozhnosti primeneniya FMEA-analiza dlya issledovaniya kachestva izdelij iz polimernyh kompozitnyh materialov // Vestnik sovremennyh tekhnologij*. [The possibilities of using FMEA analysis to study the quality of products made of polymer composite materials. Bulletin of Modern Technologies] 2023, №3 (31). - Pp. 22-28. (In Russ.).
3. Potapov, YU. A. *FMEA-analiz: osobennosti modeli // Global'nye problemy modernizacii nacional'noj ekonomiki : Materialy VIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Tambov, 17–18 aprelya 2019 goda* [FMEA analysis: features of the model. Global problems of modernization of the national economy : Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference, Tambov, April 17-18, 2019] / Otvetstvennyj redaktor A.A. Burmistrova. – Tambov: Tambovskij gosudarstvennyj universitet imeni G.R. Derzhavina, 2019. – Pp. 499-510. – EDN BQHBHU. (In Russ.).

4. Tavberidze T. A., Budennyj S. A., Kazennov A. M., Rumyannikova G. E., Filippov D. D., Orlov R. V., Davydov D. L., Kazennov I. M., Dedov D. V. *FMEA (ANALIZ VIDOV I POSLEDSTVIJ OTKAZOV) Svidetel'stvo o registracii programmy dlya EVM RU 2021612209, 12.02.2021. Zayavka № 2021611320 ot 05.02.2021* [FMEA (ANALYSIS OF TYPES AND CONSEQUENCES OF FAILURES) Certificate of registration of the computer program RU 2021612209, 02/12/2021. Application No. 2021611320 dated 02/05/2021]. (In Russ.).
5. Podoplelova E. S., Knyazev I. I. *Modifikaciya metoda FMEA pri pomoshchi algoritmov mashinnogo obucheniya // Izvestiya YUFU. Tekhnicheskie nauki*. [Modification of the FMEA method using machine learning algorithms. Izvestiya SFU. Technical sciences] 2023. № 6 (236). - Pp. 88-95. DOI 10.18522/2311-3103-2023-6-88-95 (In Russ.).
6. Panyukov D. I., Kozlovskij V. N., Ajdarov D. V. *Novoe rukovodstvo po FMEA: strukturnyj analiz processov. Metody menedzhmenta kachestva*. [The new FMEA Guideline: Structural Process Analysis. Quality management methods] 2020. № 10. - Pp. 36-42. (In Russ.).
7. GOST R 27.303-2021 (MEK 60812:2018). *Nacional'nyj standart Rossijskoj Federacii. Nadezhnost' v tekhnike. Analiz vidov i posledstvij otkazov* [GOST R 27.303-2021 (IEC 60812:2018). The national standard of the Russian Federation. Reliability in technology. Analysis of the types and consequences of failures] (utv. i vveden v dejstvie Priказом Rosstandarta ot 21.09.2021 N 987-st). URL: https://meganorm.ru/mega_doc/norm/gost-r_gosudarstvennyj-standart/10/gost_r_27_303-2021_mek_60812_2018_natsionalnyy_standart.html?ysclid=mdzrr7b8uk664248181 (date of reference: 05.06.2025). (In Russ.).
8. Horol'skaya T. E., SHalygin A. A., Cigipalo A. A. *Risk-menedzhment v deyatel'nosti proizvodstvennyh sistem // Vestnik akademii znaniy*. [Risk management in the activities of production systems. Bulletin of the Academy of Knowledge] – 2023. – № 6 (59). – Pp. 722–726. (In Russ.).
9. *Tekhnologii izgotovleniya gofrirovannyh trub*. [Technologies for manufacturing corrugated pipes]. URL: https://studref.com/697448/matematika_himiya_fizik/tehnologii_izgotovleniya_gofrirovannyh_trub (date of reference: 12.03.2025). (In Russ.).
10. Gazaryan N. V. *Prakticheskie aspekty standartizacii deyatel'nosti po upravleniyu riskami i vozmozhnostyami v sisteme menedzhmenta otechestvennyh predpriyatij // Informacionno-ekonomicheskie aspekty standartizacii i tekhnicheskogo regulirovaniya*. [Practical aspects of standardization of risk and opportunity management activities in the

management system of domestic enterprises. Information and economic aspects of standardization and technical regulation] – 2025. – №1 (82). – Pp. 29–38. (In Russ.).

11. Gusejnov A. G., Manafova H. I. *Razrabotka arhitektury sistemy avtomatizirovannogo programmirovaniya dlya upravleniya gibkimi proizvodstvennymi sistemami // Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo universiteta. seriya 1: estestvennye nauki.* [Development of the architecture of an automated programming system for managing flexible production systems. Bulletin of Dagestan State University. Series 1: Natural sciences] – 2022. – № 4. – Pp. 17–23. (In Russ.).

12. Lebedeva A. A., Ulanova A. V. *Metod FMEA i karta PDPC: svyazannoe primeneniye dlya uluchsheniya processov // Metody menedzhmenta kachestva.* [FMEA method and PDPC Map: Related application for Process Improvement. Quality Management Methods] – 2025. – № 2. – Pp. 30–36. (In Russ.).

13. Ulanova A. V., Erin D. A. *Optimizaciya proektnoj deyatel'nosti v sfere informacionnyh tekhnologij // VREMYA NAUKI: AKTUAL'NYE VOPROSY, DOSTIZHENIYA I INNOVACII: sbornik statej V Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii.* [Optimization of project activities in the field of information technology. THE TIME OF SCIENCE: CURRENT ISSUES, ACHIEVEMENTS AND INNOVATIONS: collection of articles of the V International Scientific and Practical Conference] – Penza: MCNS «Nauka i Prosveshchenie». – 2025. – Pp. 151–158. (In Russ.).

14. SHackij N. V., Ulanova A. V., Orlova E. S. *Sistemy menedzhmenta kachestva i ustojchivoe razvitie organizacii KZKH "BIRYUSA" // Mezhdunarodnaya nauchno-tehnicheskaya konferenciya "SMiS-2024. Tekhnologii upravleniya kachestvom" 22 maya-24 maya 2024.* [Quality management systems and sustainable development of the BIRYUSA Agricultural Complex. International Scientific and Technical Conference "SMIs-2024. Quality Management Technologies" May 22-May 24, 2024] – Moskva: Moskovskij Politekh, 2024. - Pp. 542-552. (In Russ.).

15. Fedos'kina L.A., Ulanova A.V. *Kachestvo v logisticheskikh sistemah: klyuchevye aspekty // Prioritetnye i perspektivnye napravleniya nauchno-tehnicheskogo razvitiya Rossijskoj Federacii: materialy VI Vseros. nauch.-prakt. konf. Vypusk 1. (1-2 marta 2023 g., g. Moskva).* [Quality in logistics systems: key aspects // Priority and promising areas of scientific and technical development of the Russian Federation: proceedings of the VI All-Russian Scientific and Practical Conference. Issue 1. (March 1-2, 2023, Moscow)] – Moskva:

Gosudarstvennyj universitet upravleniya, 2023. – Pp. 298-301. ISBN: 978-5-215-03666-2. (In Russ.).

Сведения об авторах:

Уланова Алла Валерьевна – старший преподаватель кафедры менеджмента в энергетике и промышленности, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», e-mail: UlanovaAV@mpei.ru.

Лебедева Анфиса Алексеевна – студент кафедры менеджмента в энергетике и промышленности, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», e-mail: LebedevaAAI@mpei.ru.

Статья поступила в редакцию: 16.06.2025 г.

Статья принята к публикации: 01.09.2025 г.

Для цитирования: Уланова А. В., Лебедева А. А. Последовательное применение методов менеджмента качества как способ улучшения качества продукции в процессе производства // Менеджмент. Экономика. Информатика (М. Э. И.). – 2025. – Т. 1. – № 2. – С. 55-81.

For citation: Ulanova A. V., Lebedeva A. A. Consistent Application of Quality Management Methods as a Way to Improve Product Quality in the Production Process // Management. Economy. Informatics (M. E. I.). – 2025. – Vol. 1. – No. 2. – P. 55-81.