

УДК 005.6

*Д. В. Варламова, М. О. Мазханов*

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, email: mazhanov1997@mail.ru

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ШЕСТЬ СИГМ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ОРГАНИЗАЦИИ НА ПРИМЕРЕ НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ КОМПАНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИКЛА DMAIC**

**Ключевые слова:** Шесть сигм, DMAIC, статистический анализ, непрерывное улучшение, УЭЦН.

Рассматривается вопрос улучшения операционной эффективности компаний с использованием различных методологий улучшения качества. Оценивается актуальность применения концепции Шесть сигм на текущий период в зарубежных и российских компаниях. Рассматривается внедрение принципов методологии в качестве пилотного проекта в нефтегазодобывающей компании для процесса «Демонтаж/монтаж УЭЦН». На последнем этапе исследования оценивается эффективность внедрения принципов методологии.

*D. V. Varlamova, M. O. Mazhanov*

ITMO University, St. Petersburg, email: mazhanov1997@mail.ru

## **APPLYING THE SIX SIGMA METHODOLOGY TO IMPROVE ORGANIZATION PROCESSES IN THE EXAMPLE OF AN OIL PRODUCTION COMPANY USING THE DMAIC CYCLE**

**Keywords:** Six Sigma, DMAIC, Statistical Analysis, Continuous Improvement, ESP.

The issue of improving the operating efficiency of companies using various quality improvement methodologies is considered: from QMS to Six Sigma. The relevance of the Six Sigma methodology application for the current period in foreign and Russian companies is assessed. The introduction of the principles of the methodology is considered as a pilot project in an oil and gas producing company for the process of “ESP installation / dismantling”. At the last stage of the study, the effectiveness of the implementation of the principles of the methodology is assessed.

С первых дней производства предприятия ищут способы улучшить качество своих процессов и уменьшить количество бракованной продукции. Среди множества подходов к контролю качества методология Шесть сигм стала популярным инструментом, который применяется не только в производстве, но и во многих отраслях промышленности. Учитывая современные сложные процессы и достижения в области новейших технологий, Шесть сигм по-прежнему актуальна для улучшения процессов.

Также в последние десятилетия больше, чем когда-либо, предприятия делают акцент на устойчивости как ключевой части своей деятельности. Независимо от того, предписано ли это государственными постановлениями или возникло из чувства корпоративной ответственности и общественных интересов, интеграция устойчивого развития в операционную деятельность является

приоритетом для многих компаний. Для компаний, которые хотят максимизировать свои усилия в этой области, Шесть сигм предлагает структурированную методологию, которая помогает измерить текущее положение организации с точки зрения устойчивости и помочь управленцам разработать план по внедрению улучшений.

По оценкам компании Делойт, в 2016 году 67% компаний из списка Форчун 500 и 89% компаний из списка Форчун 100 внедрили у себя Шесть сигм или Лин Шесть сигм [1]. К ним относятся: Amazon, General Electric, Motorola и многие другие. В России данная концепция не так популярна, но есть ряд компаний, которые ее внедряют: Сбербанк, СИБУР, ВСМПО-АВИСМА, Красноярский алюминиевый завод, Альфа-Банк, Ситибанк, РУСАЛ и другие. Это говорит об актуальности данной концепции для мирового и российского рынка.

**Цель исследования**

Разработка, внедрение и оценка эффективности применения методологии Шесть сигм в качестве пилотного проекта на примере нефтегазовой отрасли.

**Материал и методы исследования**

Этимология основана на греческом символе «сигма» или «σ», статистическом термине для измерения отклонения процесса от среднего или целевого значения. Шесть сигм происходит от колоколообразной кривой, используемой в статистике, где одна сигма символизирует

единичное стандартное отклонение от среднего. Если процесс имеет шесть сигм, три выше и три ниже среднего, уровень дефектов классифицируется как «чрезвычайно низкий».

График нормального распределения на рисунке 1 подчеркивает статистические допущения модели Шести сигм. Чем выше стандартное отклонение, тем выше разброс значений. Таким образом, процессы, в которых среднее значение составляет минимум 6σ от ближайшего предела спецификации, нацелены на Шесть сигм.

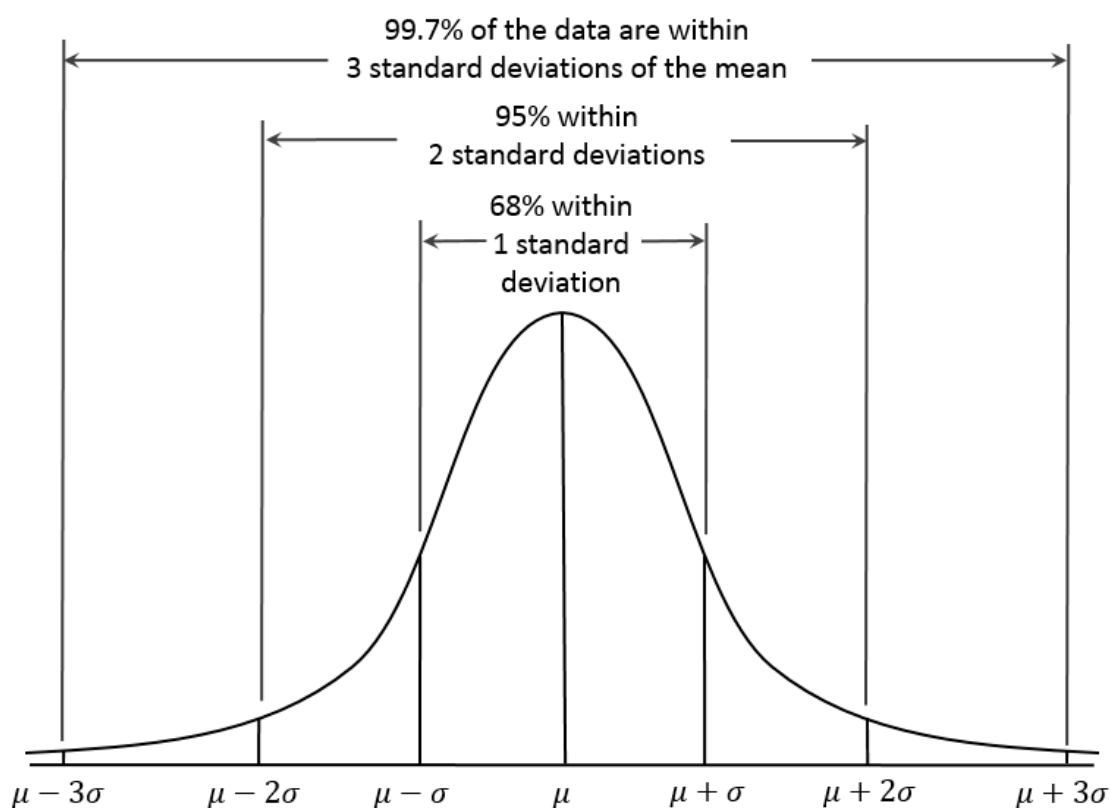


Рис. 1. Кривая распределения Гаусса

Число дефектов (несоответствий) на миллион возможных дефектов рассчитывается по формуле:

$$Y_{ДРМО} = \frac{c}{n_{units} * n_{СТQC}} * 1000000 \quad (1)$$

где  $Y_{ДРМО}$  – расчетное значение числа дефектов на миллион возможных дефектов;

$n_{units}$  – количество проверенных единиц продукции;

$c$  – количество выявленных дефектов (несоответствий);

$n_{СТQC}$  – количество возможных дефектов (несоответствий) в единице продукции [2].

В 1986 году Motorola Inc. выбрала достижение показателя качества 6σ как цель для всех производственных процессов,

именно это стандартное отклонение дало наименование методологии. Определить количество сигм процесса можно с использованием  $Y_{DPMO}$  с помощью табл. 1.

**Таблица 1**

Определение количества сигм с использованием  $Y_{DPMO}$

Количество сигм (стандартных отклонений случайной величины)	$Y_{DPMO}$	% ошибок
1	691 500	69,15
2	308 500	30,85
3	66 800	6,68
4	6 200	0,62
5	230	0,00023
6	3,4	0,000034

Шесть сигм редко напрямую упоминается в ежегодных отчетах и пресс-релизах Amazon, однако методология укоренилась в культуре компании. Принципы Шести Сигм и Lean Manufacturing являются частью программы «Operational Excellence», которая берет свое начало в 1999 году, когда Джефф Уилк присоединился к Amazon в качестве вице-президента по процессам [3]. Он пришел из AlliedSignal, и опыт работы с Шести сигм сделал его идеальным выбором для повышения эффективности процессов.

Amazon обучает своих сотрудников черным поясам Шести Сигм. Используя методы Шести Сигм, в компании уменьшают вариацию процессов, активно используя цикл DMAIC, анализ первопричин и подобные инструменты методологии. Прежде чем они начали модернизацию своей коммерческой деятельности в начале тысячелетия, они были неотличимы от любого другого книжного онлайн-магазина. Используя Шести сигм, Amazon быстро продвинулся и стал глобальным онлайн-ритейлером. Благодаря культуре, ориентированной на постоянное совершенствование и максимально возможную эффективность, Amazon завоевал весь мир. При этом они превратились в технологического гиганта, стоящего рядом с Apple или Microsoft.

Только в начале 2000-х в России начала приживаться концепция Шести сигм. Первыми были российские дочерние предприятия и подразделения запад-

ных компаний – Boeing, Schlumberger и другие [4]. Вслед за ними к методологии начали пристально присматриваться крупные отечественные игроки, ориентированные на экспорт.

Александр Казинцев, как бизнес-консультант, внедряет методики Шести сигм на отечественных предприятиях с 2003 года. Более того, в последние годы все больше и больше работа ведется в банках, таких как Альфа-Банк, Ситибанк, ВТБ24 и др. Для них он готовит упрощенную версию Шести сигм в сочетании с Бережливым производством, которые называют Lean Six Sigma Banking. Так финансовые компании, вслед за производственными, в последнее время начали уделять внимание оптимизации процессов [5].

Российские нефтяные компании сегодня находятся в периоде волатильности цен на нефть, который сопровождается ограничением доступа к инвестиционным ресурсам. Наряду с изменением цен на нефть существенное влияние на эффективность оказывает рост операционных затрат, стоимость услуг подрядных организаций, связанная с изменением курса валют, а также естественные факторы, сопутствующие процессу добычи нефти и приводящие к росту удельных показателей – рост обводненности продукции. Доходная часть (добыча нефти) снижается при росте затратной части (добыча жидкости).

Все это побуждает нефтяные компании использовать разные инструменты для развития производственных систем. И если, начиная с 2007 года применялись инструменты реинжиниринга, бэнчмаркинга, оптимизации затрат и подобные, то сейчас компании все больше начали внедряют методологии, которые охватывают всю организацию и требуют больших усилий. Например, Бережливое производство, Теорию ограничений и Шести сигм.

Так в одной из нефтегазодобывающих компаний России с середины 2019 года началось пилотное внедрение принципов методологии Шести сигм. Для реализации пилотного проекта был выбран процесс «Демонтаж/монтаж установки электроцентробежного насоса (УЭЦН)». Реализация принципов методологии Шести сигм на примере данного процесса рассмотрена в работе.

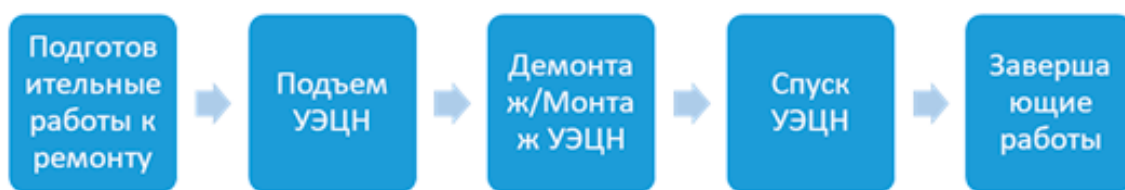


Рис. 2. Схематичное представление процесса «Демонтаж/монтаж УЭЦН»

Таблица 2

Описание этапов цикла DMAIC

№ этапа	Сокращенное название этапа	Этап методологии «Шесть сигм»	Вопрос	Описание
1	D	Определение	Какова проблема?	Определение направления работ
2	M	Измерение	На каком этапе сейчас находится процесс?	Измерение текущих показателей процесса, которые необходимо улучшить
3	A	Анализ	Что является причиной проблемы?	Анализ процесса для установления главной причины неудовлетворительной работы процесса
4	I	Улучшение	Что можно сделать для устранения проблемы?	Улучшение процесса путем проверки и анализа возможных решений устойчивого улучшенного процесса
5	C	Контроль	Как сохранить процесс в данном состоянии?	Контроль улучшенного процесса посредством создания стандартизованного процесса, способного функционировать и постоянно улучшаться для поддержания требуемых характеристик в течение длительного времени

Приоритетным для компании является решение проблем, связанных с увеличением производительности скважин и снижением затрат на капитальный ремонт и техническое обслуживание для снижения затрат на добычу нефти за счет увеличения среднего времени безотказной работы скважинного оборудования в рамках повышения эффективности процессов.

Согласно карте процесса «Текущий ремонт скважины», процесс «Демонтаж/монтаж УЭЦН» составляет 10% от общей продолжительности ремонта. Схематичный вариант карты процесса представлен на рисунке 2.

Электроцентробежная насосная установка – комплекс оборудования для механизированной добычи жидкости через скважины с помощью центробежного насоса, непосредственно

соединенного с погружным электродвигателем [6]. В комплект погружной установки для добычи нефти входят: электродвигатель с гидрозащитой, насос с приемным устройством в виде входного и газоразделительного модуля, кабельная линия, заземляющее электрооборудование, набор инструментов и принадлежностей для УЭЦН.

Реализовывался данный проект в соответствии с циклом DMAIC. DMAIC – это пятиэтапная стратегия улучшения широкого спектра организационных процессов, будь то разработка программного обеспечения, производство или какой-либо другой процесс. Хотя эта стратегия связана с Шесть сигм, ее также можно применить к Бережливому производству и другим стратегиям улучшения процессов.

DMAIC представляет собой структурированную, систематическую и основанную на данных методологию решения проблем, ориентированную на прорывные улучшения существующих процессов. Основные этапы цикла DMAIC приведены в табл. 2 [7].

DMAIC – это аббревиатура, обозначающая следующие пять этапов улучшения Шесть сигм: определение, измерение, анализ, улучшение и контроль. В качестве основы Шести сигм DMAIC позволяет широкому кругу организаций выявлять, тестировать и совершенствовать постоянно повторяющиеся или очень сложные проблемы. Необходимо неукоснительно соблюдать пять взаимосвязанных этапов DMAIC, особенно если коренные причины проблем не очевидны, потенциальные убытки для организации значительны, решения неизвестны или безопасность персонала и клиентов может оказаться под угрозой [7]. Методология DMAIC уходит своими корнями в цикл PDCA.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

На первом этапе цикла DMAIC «Определение» было выявлено 2 основные проблемы процесса. Во-первых, данный процесс выполняется двумя заинтересованными сторонами. Первый и второй этапы процесса (подготовка и подъем УЭЦН) выполняет команда текущего и капитального ремонта скважин (ТКРС), которая работает со стороны компании. Третий этап процесса (демонтаж/монтаж УЭЦН) выполняет подрядная организация, а точнее электромонтер подрядной организации. После спуск УЭЦН и завершающие работы выполняет команда ТКРС. Но в момент работы электромонтера команда компании ожидает и получает полную стоимость бригадо-часа.

Также в основе работы электромонтера нет стандарта, который регламентировал бы время выполнения процесса и позволял контролировать выполнения процесса. Исторически сложилось мнение, что процесс невозможно стандартизировать, так как это негативно скажется на качестве выполнения работы и приведет к дополнительным затратам на ремонт.

Решение двух отмеченных проблем позволит сократить и контролировать время простоя ремонтной бригады и ускорить запуск скважины. Решения данных проблем оценили в экономии 4,1 млн. руб. в год.

После выявления проблемных процесса, были поставлены 3 цели на проект улучшения в рамках Шести сигм:

1. Разработать и согласовать совместно с подрядчиком регламент на процесс «Демонтаж/монтаж УЭЦН», который должен содержать ориентиры времени выполнения процесса. При этом данный стандарт не должен снизить качество выполнения работы.

2. Внедрить инструменты снижения времени выполнения работы по процессу.

3. Внедрить инструменты контроля за выполнением процесса.

Также на первом этапе цикла DMAIC было определено, что основная измеряемая единица – время выполнения процесса. Выдвинута гипотеза, что на данное время может влиять несколько параметров: месторождение, сезон выполнения работы, бригада. Помимо этого, в ходе первого этапа построены макрокарты процесса, определены сроки, ответственные и бюджет заложен.

На следующем этапе цикла DMAIC «Измерение» были собраны все данные по времени выполнения процесса начиная с 2015 года, чтобы проанализировать как выполняется процесс, от чего зависит время выполнения процесса и где есть места для улучшений.

Чтобы выполнить первую цель проекта, была рассчитана описательная статистика по процессу для каждого месторождения по времени, а также использованы 7 простых инструментов качества (диаграммы Парето, контрольные листки, гистограммы и т.п.). Исследовалось более 1100 наблюдений.

Для оценки стабильности процесса была построена карта размахов и средних, из нее выявлено, что процесс стабилен, а отклонения от процесса объясняются случайными величинами, а не особыми причинами, так как на карте средних не обнаружено точек за пределами контрольных пределов.

Выдвигались гипотезы, что время процесса зависит от месторождения, се-

зона выполнения работ и бригады. Чтобы оценить данные гипотезы, были рассчитаны описательные статистики. Было выявлено, что от месторождения время процесса не зависит, отклонения от среднего времени случайны и подчиняются закону нормального распределения.

Также было выявлено, что время процесса не зависит от бригады, все они выполняют работу за одно время. Но имеются бригады, у которых время выполнения процесса меньше среднего, но у таких бригад мало проведенных демонтажей/монтажей. Был сделан вывод, что зависимости времени от месяца нет. Продолжительность демонтажа в среднем одинакова для всех дней и месяцев.

Таким образом, можно сделать следующие выводы по времени демонтажа/монтажа УЭЦН: возможно установление математически доказанных целевых ориентиров по времени выполнения процесса и средние значения времени демонтажа по месторождениям отличаются, но находятся в пределах доверительных интервалов ( $P=0,95$ ).

На этапе «Анализ» были рассмотрены Кары потока создания ценности. Данный инструмент позволил существенно уменьшить время процесса.

В 2018 году нарабатывалась статистика по картированию процесса демонтаж/монтаж УЭЦН. Анализ карт потока создания ценности проводится с точки зрения потенциала сокращения продолжительности проведения процесса, т. к. данный параметр учитывается при расчете себестоимости на добычу 1 тонны нефти.

Анализ процессов позволил выявить следующие основные проблемы:

1. Отсутствие монтажного стола для инструмента и для транспортировочных крышек. В связи с этим монтажнику приходится постоянно разворачиваться назад и нагибаться к своему инструментальному ящику. (~10% времени процесса).

2. Отсутствие адаптированной насадки скоростного ключа «Speed Wrench» для откручивания/закручивания метизов УЭЦН линейки MT-Line. (~12% времени процесса).

3. Отсутствие в наборе демонтажно-монтажного инструмента трубных ключей для ускоренного ослабления

соединительных болтов при их прикипании к корпусу УЭЦН. (~3% времени процесса).

4. Подготовка транспортировочных крышек и транспортировочных болтов к использованию происходит во время производства работ. (~7% времени процесса).

5. Не корректный учет времени производства работ по демонтажу/монтажу.

Итогом работы данного этапа стала разработка и утверждение мероприятий по снижению времени демонтажа и монтажа УЭЦН. Эффект от внедрения данных мероприятий в 2019 г. составил:

1. Сокращение времени процесса «Демонтаж УЭЦН» на 10%.

2. Сокращение времени процесса «Монтаж УЭЦН» на 5%.

3. Дополнительная добыча – 94,3 тн/год, 1 174,7 тыс. руб./год.

4. Сокращение времени ТКРС – 209,7 бригадо-часов/год, 1 169,4 тыс. руб./год.

5. Экономический эффект от использования КПСЦ: 2 344,1 тыс. руб./год.

Следующим этапом цикла DMAIC является «Улучшение». На нем совместно с подрядной организацией была оценена описательная статистика процесса и выбраны ориентиры времени для стандартных операций процесса, которые заложены в договор с подрядчиком.

На этапе «Контроля» для дальнейшего отслеживания стабильности процесса и внедрения постоянных улучшений был разработан чек-лист, который заполняется электромонтер во время работы. В данном чек-листе указывается время выполнения стандартных операций процесса и общее время выполнения. Собранные данные анализируются раз в квартал для улучшения процесса.

### Выводы

В ходе реализации пилотного проекта «Шесть сигм» для процесса демонтаж/монтаж УЭЦН применена методология концепции в рамках цикла DMAIC.

Были реализованы все этапы цикла DMAIC. В ходе выполнения требований этапа «Определение» были поставлены цели проекта, определены заинтересованные стороны проекта и построены карты процесса в формате SIPOC. На этапе «Измерение» произведен ста-

тистический анализ процесса с использованием описательной статистики, диаграмм Парето, построения контрольных карт, диаграмм разброса и многих других инструментов. Итогом этапа стало понимание времени выполнения процесса. На 3 этапе цикла DMAIC «Анализ» было произведено определение причин вариации в процессе с использованием КПСЦ. С помощью КПСЦ определены потери 1 и 2 рода, внедрены корректирующие мероприятия и значительно снижено время процесса. На этапе «Улучшение» совместно с подрядной организацией были выработаны ориентиры времени для исследуемого процесса, которые легли в основу стандарта. На заключительном этапе «Контроль» разработана

система чек-листов для дальнейшего анализа и контроля процесса.

Данная работа позволяет говорить об актуальности использования методологии Шесть сигм в разных отраслях. Мировые лидеры используют принципы данной методологии, крупные российские компании из разных отраслей уже сейчас следуют их примеру и повышают операционную эффективность. Средний и малый бизнес в методологии Шесть сигм может найти для себя инструменты повышения операционной эффективности. Дальнейшее исследование будет направлено на анализ эффективности применения инструментов методологии Шесть сигм для среднего и малого бизнеса.

*Библиографический список*

1. McKesson Six Sigma Methodology // McKesson Corporation. URL: <https://www.mckesson.com/About-McKesson/Corporate-Citizenship/Six-Sigma/> (дата обращения: 06.04.2021).
2. ГОСТ Р ИСО 13053-1-2015 Статистические методы. Количественные методы улучшения процессов «Шесть сигм». Часть 2. Методы, 2016-07-01, 43 с.
3. Six Sigma at Amazon.com // Six sigma blogs URL: [https://web.archive.org/web/20071015132407/http://sixsigmacompanies.com/archive/six\\_sigma\\_at\\_amazoncom.html](https://web.archive.org/web/20071015132407/http://sixsigmacompanies.com/archive/six_sigma_at_amazoncom.html) (дата обращения: 06.04.2021).
4. George, Michael; Rowlands, David; Price, Mark; Maxey, John. Using DMAIC to improve speed, quality, and cost // The Lean Шесть сигм Pocket Toolkit: A Quick Reference Guide to Nearly 100 Tools for Improving Process Quality, Speed, and Complexity. – McGraw-Hill, 2015. – P. 1-26. – 282 p. – ISBN 978-0-07-144199-3.
5. Казинцев А.В. Шесть Сигм в России. Методика снижения потерь, дефектов, издержек // Twirpx URL: <https://www.twirpx.com/file/562266/> (дата обращения: 06.04.2021).
6. Thomas Pyzdek The Six Sigma Handbook, Fourth Edition. – 4 edition/ McGraw-Hill Education; 4 edition (May 13, 2014) Language: English, 2017.
7. ГОСТ Р ИСО 13053-1-2015 Статистические методы. Количественные методы улучшения процессов «Шесть сигм». Часть 1. Методология DMAIC, 2016-07-01, 28 с.
8. Мажанов М. О., Редько Л. А. Использование методологии «Шесть сигм» для улучшения процесса «транспортное обеспечение» // Политранспортные системы: тезисы докладов X-ой Международной научно-технической конференции, Новосибирск, 15-16 Ноября 2018. – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2018 – С. 130-131