

УДК 658

НЕСТЕРОВ Д. Э., студент гр. НД426 (ЮГУ)
Научный руководитель: АЛАДКО О. И., к.п.н., доцент (ЮГУ)
г. Ханты-Мансийск

МИНИМИЗАЦИЯ АВАРИЙ И ВРЕМЕНИ ПРОСТОЯ БУРОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ В НЕФТЕСЕРВИСЕ С ПОМОЩЬЮ ПРИМЕНЕНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Введение. В условиях общемировой деглобализации повышение операционной эффективности за счет внутренних резервов становится критически важным для нефтегазового сектора любой страны. В работе исследуется синергия ключевых инструментов бережливого производства: Быстрая переналадка (SMED), Всеобщий уход за оборудованием (TPM) и Стандартная операционная процедура (СОП) — для сокращения непродуктивных временных интервалов в цикле бурения. Результатом работы будут конкретные способы применения этих инструментов бережливого производства в бурении скважин на нефть и газ, а также прогнозируемый результат от применения всех этих инструментов вместе.

В статье «Особенности картирования потока создания ценности при проведении буровых работ в нефтяной компании» была создана карта потока создания ценности работы одной из подрядных организаций, с помощью которой было выявлено, что время потерь составило 60,43 часов или 2,5 суток за 20 дней работы буровой, что можно перевести в стоимость потерь для компании — 2,5 млн. руб. Данную сумму можно считать достаточной для того, чтобы предпринять меры по устранению потерь [1].

Методология SMED (Быстрая переналадка) редко рассматривается в контексте бурения, так как она была создана и долгое время рассматривалась в контексте производства разных типов деталей на заводах, конвейерах. Позже этот тип работы стали использовать и в процессе выполнения других работ, даже офисных процессов. Так, при бурении нефтяных и газовых скважин быстрая переналадка используется не для штампов, а для любых операций, требующих остановки критического процесса: плановые ремонты, остановка бурения для спуска обсадных колон и цементации скважин, замена долота для бурения интервала с меньшим диаметром [2].

Метод основан на строгом разделении операций на внутренние и внешние. Внутренние операции выполняются только при остановленном процессе, в нашем случае это бурение. Внешние операции можно выполнить, пока идёт процесс. Преобразование и операция всех этих процессов помогает уменьшить время остановки для переналадки, в нашем случае это остановка бурения для обслуживания оборудования или цементирования скважины. В таблице 1 продемонстрирован анализ этой методологии для применения в нефтесервисной отрасли.

Таблица 1. Анализ возможностей применения методологии STED для бурения
(составлено автором)

Принцип SMED	Суть метода	Пример применения в нефтегазе
1. Разделение внутренних и внешних операций	Внутренние операции выполняются только при остановленном процессе. Внешние выполняются до или после остановки, пока процесс идет.	Внутренние операция: 1. Подъем бурильной колонны из скважины (требует остановки процесса). 2. Свинчивание/развинчивание самого долота (в момент, когда оно уже на поверхности). 3. Очистка и диагностика узла ведущей трубы (в момент простоя) [3].
		Внешние операция: 1. Доставка и подготовка нового долота; 2. Подготовка и проверка бурового раствора для нового интервала; 3. Подготовка и калибровка измерительно-телеметрического оборудования (LWD/MWD); 4. Получение всех разрешений и инструктаж бригады на новый интервал; 5. Подготовка ремонтного комплекта для забойного двигателя [3].
2. Преобразование внутренних операций во внешние	Максимальный перенос подготовительных работ на этап, когда оборудование еще работает.	Создание «горячей площадки»: рядом с ротором организуется площадка, где заранее размещается новое долото, установленное на переходник, с нанесенной на резьбы смазкой. Оно ждет в зоне быстрого доступа.
		Стандартизация и калибровка инструмента: все ключи, динамометрические гайковерты проверяются и настраиваются до начала подъема колонны. Исключается поиск и подгонка инструмента.

		Использование быстросъемных соединений: внедрение замковых быстросъемных соединений для некоторых элементов наземной обвязки, которые требуют обслуживания.
3. Оптимизация всех операций	Оптимизация действий, выполняемых во время простоя и до его начала	Параллельная работа: пока одна бригада занимается последними свечами бурильной колонны, другая уже начинает подготовку насосов и раствора для нового цикла.
		Улучшение внутренних операций: внедрение пневмогайковертов с точным контролем момента затяжки вместо ручных цепных ключей. Это радикально ускоряет свинчивание и снижает риск перетяжки и повреждения резьб; четкие видеопроцедуры и тренировки бригады на отработку операций «всухую»; маркировка колонны и площадки для позиционирования оборудования.

Ниже приведены факторы того, как это снижает износ деталей.

1. Своевременная замена долота: Быстрая смена позволяет менять долото не по жесткому графику или при полном износе, а по оптимальным показателям (механическая скорость, вибрации). Это предотвращает работу сильно изношенным долотом, которое вызывает биение и изнашивает забойный двигатель, утяжеленные бурильные трубы (УБТ) и резьбовые соединения всей колонны.
2. Корректный монтаж: Стандартизированный инструмент и процедура затяжки резьб предотвращают перекосы, повреждение резьб и неправильную центровку. Это увеличивает ресурс дорогостоящих элементов.
3. Чистота: Подготовленная площадка и чистый, готовый инструмент исключают попадание песка и грязи в резьбовые соединения и вращающиеся механизмы, что является главным абразивным фактором износа [4].

СОП (Стандартная операционная процедура) - инструмент, с помощью которого описывается наиболее эффективное и безопасное пошаговое выполнение операций. Действующие работники записывают этапы выполнения сложных операций во время работы в инструкции, чтобы потом другие

сотрудники могли руководствоваться ими во время работы. Основные цели СОП: повышение производственной безопасности, уменьшение потерь и быстрое обучение сотрудников оптимальному способу выполнения операций.

Для простоты восприятия автором воссоздана блок-схема «10 шагов СОП».

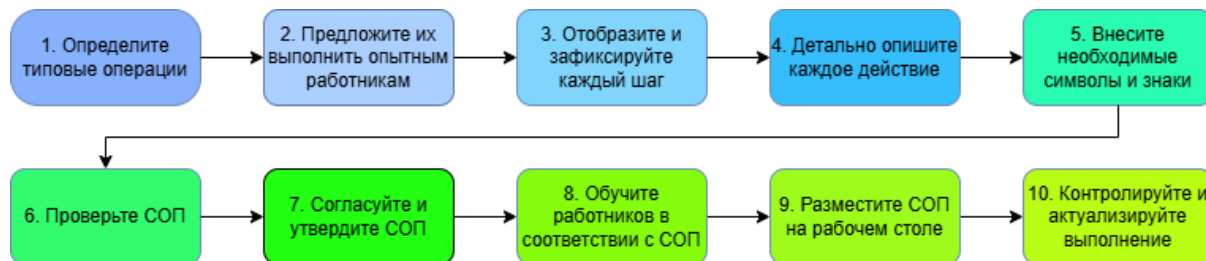


Рисунок 1. Блок-схема «10 шагов СОП» (составлено автором)

ТРМ (Всеобщее обслуживание оборудования) в бурении — это мощный подход, который выходит далеко за рамки простого «ремонта по графику». Его суть — проактивное вовлечение всего персонала в максимальное повышение эффективности оборудования для предотвращения потерь, аварий и простоев. В контексте бурения ТРМ трансформируется из технической системы в стратегию обеспечения бесперебойной работы буровых установок.

Данный способ поможет снизить урон либо предотвратить 6 видов потерь, которые появляются во время бурения:

- 1) поломки оборудования приводят к внеплановым простоям;
- 2) наладки и переналадки можно считать плановыми простоями;
- 3) холостой ход/мелкие остановки приводят к микро-простоям;
- 4) снижение скорости при бурении приводит к неполной производительности;
- 5) к дефектам продукции можно отнести перебур и аварии;
- 6) также пусконаладочные работы приводят к необходимости заново выходить на режим.

ТРМ базируется на 3 принципах, осуществление которых поможет наладить безаварийную работу оборудования, перейти от реактивного к продуктивному обслуживанию. Ниже приведена таблица, иллюстрирующая эти принципы:

Таблица 2. Иллюстрация работы принципов ТРМ в бурении (составлено автором)

Принципы	Суть принципа	Пример
Автономное обслуживание	Бурильщики сами делают простые проверки в начале смены, используя чек-лист: уровень масла, температура, вибрация	Проверка сальников насоса каждые 4 часа предотвращает большую часть течей

Плановый ремонт по состоянию	Диагностика до поломки: виброметры, тепловизоры, анализ масла	Замена подшипника вертлюга при вибрации 5 мм/с, а не при полном разрушении, предотвращает поломку других механизмов
Обучение сотрудников пониманию собственного оборудования	Все сотрудники знают признаки скорой поломки оборудования	Бурильщик, видя рост температуры насоса, уменьшает нагрузку и вызывает механика. Это предотвращает износ насоса

Синергия этих 3 инструментов бережливого производства даёт существенное сокращение простоев и аварий во время бурения. Быстрая переналадка ускоряет процессы обслуживания бурового оборудования, а также уменьшает время простоя во время операций, сопутствующих бурению, таких как цементирование скважины. Всеобщее обслуживание оборудования и внедрение стандартных операционных процедур помогают снизить количество аварий: TPM - за счёт профилактики поломок, а СОП - за счёт предотвращения ошибок от сотрудников. Для простоты восприятия автором создана схема с кругами Эйлера [5].

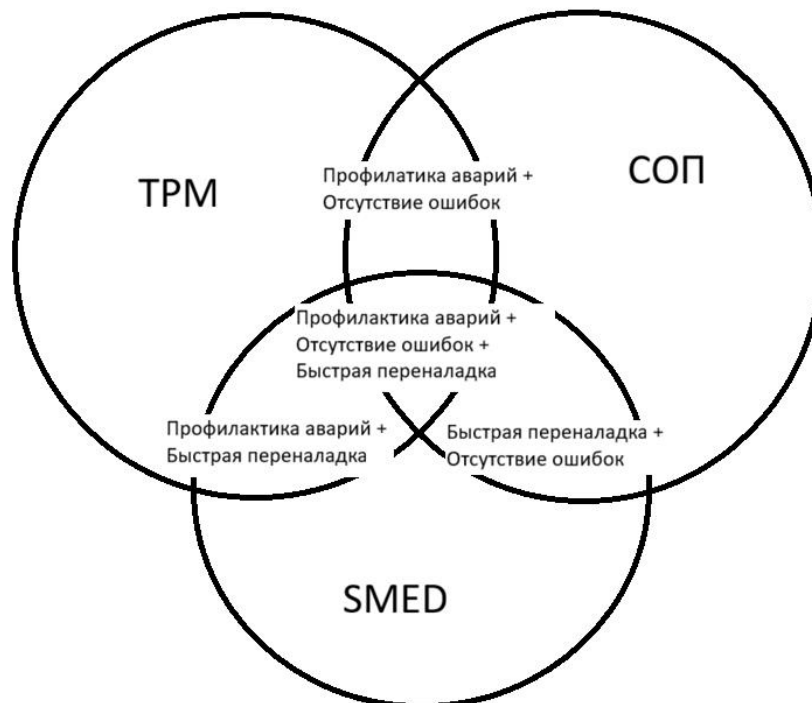


Рисунок 2. Геометрическая схема, иллюстрирующая результат от совместного использования TPM, СОП, SMED (составлено автором)

Также автором была создана таблица для демонстрации эффекта от совместного применения всех вышеуказанных способов.

Таблица 3. Прогноз экономического эффекта от внедрения 3 инструментов бережливого производства, рассмотренных в статье

Инструмент бережливого производства	Как работает при бурении нефтяных и газовых скважин	Прогноз экономического эффекта, основанный на опыте других предприятий и отраслей
SMED	Разделение операций по замене долота, КНБК или противовыбросового оборудования на внутренние (требуют остановки бурения) и внешние (выполняются параллельно). Использование шаблонов, предварительной сборки узлов на мостках, гидравлических ключей, быстросъёмных соединений.	Ожидаемое сокращение времени спускоподъёмных операций и замены долот на 30–50%: в кейсе Абу-Даби достигнуто сокращение времени цикла остановок буровой установки на 30% и годовая экономия \$4,2 млн [6].
СОП	Пошаговая регламентация всех критических операций: подготовка бурового раствора, спускоподъёмные операции, герметизация устья, замена насосов. Включение контрольных точек безопасности, фото-/видеоэталонов, подписей ответственных. Исключение вариативности действий между сменами.	Ожидаемое сокращение времени обустройства кустовых площадок и снижение аварийности на 40–60% в «Салым Петролеум»: при внедрении картирования потока создания ценности удалось сократить критический путь с 72 до 12 часов (снижение на 83%) [7].
ТРМ	Автономное обслуживание бурового оборудования операторами: ежедневные осмотры насосов, роторов, лебёдок, систем циркуляции раствора. Планово-предупредительные ремонты по состоянию, а не после отказа. Визуальные индикаторы износа, чек-листы для каждой единицы оборудования.	Ожидаемое повышение коэффициента технической готовности оборудования до 95% и снижение внезапных отказов на 50–70%: в проекте для нефтегазовой компании достигнуто сокращение времени плановых ремонтов на 27% и перенос более 35% задач ТО на операционный персонал.

SMED + СОП + TPM	Комплекс: TPM обеспечивает стабильную работу оборудования без внезапных отказов; СОП фиксирует лучший и безопасный порядок всех операций; SMED уменьшает время обслуживания буровой установки и операций, во время которых происходит остановка бурения, таких как цементация скважин и спуск обсадных колонн. В результате — предсказуемый цикл бурения, минимальное непроизводительное время, снижение аварий из-за человеческого фактора и техники.	Ожидаемое сокращение непроизводительного времени (NPT) на 40–50% и рост производительности бурения на 25–30%: в проекте для международной нефтегазовой компании достигнуто: сокращение времени строительства скважин на 50%, рост производства на 27%, сокращение логистического времени на 40% [8].
------------------	--	--

Вывод: внедрение методов бережливого производства помогает оптимизировать процессы в нефтесервисе, уменьшая сроки бурения. SMED помогает уменьшить срок выполнения операций, для которых нужно приостанавливать бурение. СОП и TPM помогут снизить количество аварий, что очень важно при работе со старым оборудованием. Синергия этих подходов поможет подрядным организациям выполнять свою работу точно в срок.

Список литературы:

1. Хисамова, Э. Д. Особенности картирования потока создания ценности при проведении буровых работ в нефтяной компании / Э. Д. Хисамова, И. А. Кодолова // Стратегическое управление устойчивым развитием экономики в новой реальности. – Санкт-Петербург : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. – С. 570-595.
2. Дао Toyota: 14 принципов менеджмента ведущей компании мира / Джеффри Лайкер; Пер. с англ. — М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. — 402 с. — (Серия «Модели менеджмента ведущих корпораций»).
3. Карпов, К. А. Бурение нефтяных и газовых скважин : учебное пособие / К. А. Карпов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный инженерно-экономический университет». — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный инженерно-экономический университет, 2011. — 169 с.
4. Паторов, А. А. Оптимизация сроков строительства скважин путем применения информационно-аналитических инструментов для определения скрытых потерь времени в бурении / А. А. Паторов, Е. А. Лунин // Рациональная разработка месторождений нефти и газа: опыт, тенденции развития, потенциал :

Тезисы докладов международной научно-практической онлайн-конференции, Самара, 25–27 апреля 2022 года. – Самара: Общество с ограниченной ответственностью «Портал Инноваций», 2022. – С. 10-11.

5. ГОСТ Р 56020-2014 Бережливое производство. Основные положения и словарь. - Введ. 01.03.2015. - Москва: Стандартинформ, 2015. - 20с.

6. Tejenov D., Kakabayev Y., Rustamov D. LEAN OPERATIONS IN THE OIL SECTOR: A REVIEW OF IMPLEMENTATION OUTCOMES // Научный журнал «IN SITU». 2025. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/lean-operations-in-the-oil-sector-a-review-of-implementation-outcomes> (дата обращения: 07.04.2026).

7. Оптимальная вовлеченность: как компания «Салым Петролеум» сократила сроки обустройства скважин // Альманах «Управление производством». 2016. URL: https://up-pro.ru/library/production_management/lean/salym-petroleum-sokratila-sroki-obustrojstva-skvazhin/ (дата обращения: 07.04.2026).

8. Lean transformation in upstream: A success story in the Oil & Gas sector [Электронный ресурс] // KAIZEN Institute. 2025. URL: <https://nl.kaizen.com/insights/lean-transformation-upstream-oil-gas/> (дата обращения: 07.04.2026).