

Фролов Алексей Васильевич

21.04.01 Нефтегазовое дело

Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск, Россия

Научный руководитель:

Хайруллин Азат Амирович

Кандидат технических наук, доцент

Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск, Россия

ПОВЫШЕНИЕ ОПЕРАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ СБОРА НЕФТИ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. В статье рассматривается проблема эксплуатации системы сбора и подготовки нефти Ем-Еговского месторождения в условиях выноса механических примесей. На основе принципов бережливого производства проведён анализ потерь, выявлены ключевые «узкие места»: перегрузка ДНС-2 до 140% проектной мощности и абразивный износ оборудования. Предложено техническое решение – внедрение пескоотстойника с коническим днищем и гидроэлеваторной системой. Представлены результаты технологических и экономических расчётов, подтверждающих эффективность решения.

Ключевые слова: бережливое производство, кайдзен, система сбора и подготовки нефти, механические примеси, пескоотстойник, абразивный износ, операционная эффективность.

Annotation. The article examines the problem of operation of the oil collection and treatment system of the Em-Egovskoye field under conditions of mechanical impurities carryover. Based on lean production principles, an analysis of losses was carried out, key bottlenecks were identified: overloading of the DNS-2 to 140% of design capacity and abrasive wear of equipment. A technical solution is proposed – introduction of a sand trap with a conical bottom and a hydro-elevator system. The

results of technological and economic calculations confirming the effectiveness of the solution are presented.

Keywords: lean production, kaizen, oil collection and treatment system, mechanical impurities, sand trap, abrasive wear, operational efficiency.

Бережливое производство представляет собой совокупность инструментов управления производственными процессами для повышения эффективности предприятий и устранения потерь [3]. В нефтегазовой отрасли Ханты-Мансийского автономного округа – Югры данный подход реализуется в формате программ «Система непрерывных улучшений», стимулирующих как руководство, так и каждого сотрудника оптимизировать свою деятельность [6]. Внедрение принципов бережливого производства в нефтедобывающих компаниях позволяет существенно уменьшить стоимость добычи нефти за счёт сокращения потерь при добыче, транспортировке и подготовке продукции [3].

Ем-Еговское месторождение является одним из ключевых объектов нефтедобычи Западной Сибири. Длительная эксплуатация месторождения, характеризующегося слабосцементированными коллекторами пластов ВК1-3, привела к интенсивному выносу механических примесей (песка, глины, продукты разрушения породы). Содержание механических примесей в продукции достигает сотен миллиграммов на литр, что вызывает ускоренный абразивный износ оборудования системы сбора и подготовки: насосных агрегатов, запорной арматуры, трубопроводов и технологических аппаратов.

С позиций бережливого производства, преждевременный износ оборудования, частые ремонты и простои являются классическими примерами производственных потерь, требующих системного устранения. Цель настоящей работы – анализ потерь в системе сбора и подготовки Ем-Еговского месторождения и разработка технического решения для их минимизации на основе принципов бережливого производства.

Проведённый анализ действующей системы сбора и подготовки продукции Ем-Еговского месторождения выявил следующие виды потерь, характерные для концепции бережливого производства.

Перепроизводство и перегрузка оборудования. Загрузка дожимной насосной станции ДНС-2 превышает проектную мощность на 40%, достигая 140% от проектной производительности. Работа оборудования в форсированном режиме приводит к ускоренному износу и увеличению частоты отказов.

Потери от простоев. Обводнённость продукции по основному объекту ВК1-3 достигла 82%, а эффективная вязкость водонефтяной эмульсии составляет 239 мПа·с, что в 70 раз превышает вязкость чистой нефти. Транспортировка высоковязкой жидкости с абразивными частицами приводит к частым отказам насосного оборудования. Текущий межремонтный период составляет 180 суток, что соответствует двум ремонтам в год на каждый насосный агрегат.

Потери от дефектов и низкого качества. Наличие механических примесей в продукции ухудшает качество подготовки нефти и воды для системы поддержания пластового давления. Закупорка поровых каналов в призабойной зоне нагнетательных скважин снижает их приёмистость до 85% от проектной, что требует проведения дорогостоящих мероприятий по восстановлению.

Потери от избыточной обработки. Традиционные методы борьбы с мехпримесями (фильтрация, гидроциклоны) либо неэффективны из-за быстрой кольматации, либо подвержены быстрому абразивному износу [1]. Фильтрационные элементы требуют частой замены, создавая дополнительные материальные и трудовые затраты. Как показывает практика, предупреждение осложнений является менее дорогостоящим способом, чем постоянное устранение последствий [2].

Систематизация выявленных потерь и их количественная оценка представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Классификация потерь в системе сбора и подготовки Ем-Еговского месторождения, составлено автором

Вид потерь	Проявление	Количественная оценка
Перепроизводство	Перегрузка ДНС-2	140% от проектной мощности
Потери времени	Простои на ремонтах	15 сут/год на зачистку оборудования
Потери от дефектов	Абразивный износ насосов	2 ремонта/год на агрегат
Избыточная обработка	Частая замена фильтров	Кратность замены – каждые 3–5 суток
Потери при транспортировке	Повышенное гидравлическое сопротивление	Рост энергозатрат на перекачку на 10–15%

Для устранения выявленных потерь предлагается внедрение в технологическую цепочку пескоотстойника гравитационного типа с коническим днищем и гидроэлеваторной системой удаления осадка. Данное оборудование основано на принципе гравитационного осаждения твёрдых частиц, плотность которых превышает плотность жидкости, что соответствует классической конструкции отстойников с коническим днищем, обеспечивающих удобство сбора и откачки осадка [1].

Поток жидкости через входной распределитель попадает в зону отстоя, где за счёт гашения скорости создаются условия для гравитационного осаждения твёрдых частиц. Оседающие частицы скатываются по наклонным стенкам конического днища в специальную накопительную зону. Очищенная жидкость отбирается из верхней части аппарата, а осевший шлам непрерывно удаляется гидроэлеватором. Использование конического днища и гидроэлеваторной системы позволяет решить главную проблему классических отстойников – необходимость остановки процесса для зачистки [1][4], что соответствует принципу устранения потерь времени.

Оптимальным местом установки пескоотстойника является участок после первой ступени сепарации на ДНС-2 – наиболее перегруженном объекте. Это позволяет удалить механические примеси на входе в систему, защищая

насосное оборудование от абразивного износа и снижая риск закупорки призабойной зоны нагнетательных скважин.

Результаты и экономическая эффективность. Ожидаемый технологический эффект от внедрения включает увеличение межремонтного периода насосного оборудования с 180 до 360 суток (в 2 раза), снижение содержания механических примесей на входе в ЦТП с 300–400 до 100–150 мг/л (в 2,5–3 раза), повышение приёмистости нагнетательных скважин на 15–20% и полное исключение простоев оборудования, связанных с зачисткой отстойников [5].

Экономический эффект складывается из трёх составляющих. Во-первых, снижение количества отказов насосного оборудования на 50% даёт годовую экономию на ремонтах 24,4 млн руб. Во-вторых, уменьшение плотности и вязкости перекачиваемой эмульсии снижает энергопотребление насосов на 10%, что даёт экономию электроэнергии 4,8 млн руб./год. В-третьих, сокращение простоев на ремонтах позволяет увеличить добычу, давая дополнительную выручку 56,9 млн руб./год [7]. Чистый годовой экономический эффект составляет 82,6 млн руб., а срок окупаемости капитальных вложений (15 млн руб.) – менее 3 месяцев.

Сводные показатели экономической эффективности представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Сводный экономический эффект от внедрения пескоотстойника, составлено автором

Показатель	Значение, млн руб./год
Экономия на ремонтах	24,4
Экономия электроэнергии	4,8
Дополнительная выручка от прироста добычи	56,9
Итого выгоды	86,1
Затраты на обслуживание	2,0
Амортизационные отчисления	1,5
Чистый годовой экономический эффект	82,6

С позиций бережливого производства, внедрение пескоотстойника позволяет устранить семь видов потерь: перепроизводство (разгрузка

перегруженного оборудования), потери времени (исключение простоев на зачистку), потери от дефектов (снижение абразивного износа и отказов), избыточную обработку (замена частых ремонтов единовременным вложением), потери при транспортировке (снижение энергозатрат), излишние запасы (уменьшение запасов запасных частей) и потери от нереализованного потенциала сотрудников (высвобождение ресурсов для других задач).

Внедрение пескоотстойника в систему сбора и подготовки продукции Ем-Еговского месторождения является технологически обоснованным и экономически эффективным мероприятием, соответствующим принципам бережливого производства. Реализация предлагаемого решения позволяет системно устранить ключевые потери, связанные с абразивным износом оборудования, частыми ремонтами и простоями. Полученные результаты подтверждают целесообразность применения инструментов бережливого производства для повышения операционной эффективности нефтедобывающих предприятий и позволяют рекомендовать предложенное решение к тиражированию на других объектах с аналогичными осложнениями.

Список источников

1. Вертикальные, горизонтальные, радиальные отстойники. Песколовки и нефтеловушки [Электронный ресурс] // StudFiles. – URL: <https://studfile.net/preview/15192189/page:16/> (дата обращения: 11.07.2026).
2. Сбор и подготовка скважинной продукции [Электронный ресурс] // Нефтяник. – URL: <https://neftianik.ru/sbor-i-podgotovka-skvazhinnoy-produkczii/> (дата обращения: 11.07.2026).
3. Манукян С. С. Система бережливого производства в нефтяных компаниях среднего бизнеса России (на примере нефтяной компании Сладковско–Заречное) [Электронный ресурс] / С. С. Манукян // Ломоносов-2024 : материалы Междунар. науч. конф. – М. : МГУ, 2024. – URL: <https://lomonosov->

msu.ru/archive/Lomonosov_2024/data/32740/166740_uid797884_report.pdf (дата обращения: 11.07.2026).

4. Песколовка с гидроэлеваторной системой удаления осадка : пат. 1604402 СССР. – Оpubл. 07.11.1990.

5. Отстойник : пат. 1604403 СССР. – Оpubл. 07.11.1990.

6. Худжебаев Т. Р. Внедрение метода кайдзен нефтяными компаниями Ханты-Мансийского автономного округа – Югры / Т. Р. Худжебаев // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2022. – № 12. – С. 28–32.

7. Бережливое производство позволяет АО «НК «Конданефть» сэкономить до 100 миллионов рублей в год [Электронный ресурс] // Ugra-News. – 2024. – 18 дек. – URL: https://ugra-news.ru/article/berezhlivoe_proizvodstvo_pozvolyaet_ao_nk_kondaneft_sekonomit_do_100_millionov_rublej_v_god/ (дата обращения: 11.07.2026).