

# УСТРАНЕНИЕ УЗКИХ МЕСТ И ОГРАНИЧЕНИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА: РУДНИК «СКАЛИСТЫЙ»

Р. Гасанов



## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

- производственная мощность,
- технологический процесс,
- производительность,
- ограничение,
- скиповой подъем.

**З**адача увеличения производственной мощности за счет устранения узких мест типична для большинства промышленных предприятий. Не случайно разработкой методологии инструментария в этой области занимались практически все школы менеджмента, включая концепцию Lean и теорию ограничений Голдратта. Примером практического решения данной задачи служит проект, реализованный на руднике «Скалистый» Заполярного филиала ПАО «ГМК «Норильский никель», представленный на Международной неделе производительности IPWeek. О нем рассказывает один из участников проектной команды Руфат Гасанов.

**ELIMINATION OF BOTTLENECKS AND CONSTRAINTS OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS: SKALISTY MINE**

R. Hasanov

Keywords: production capacity, technological process, productivity, constraint, skip lifting.



## ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Рудник «Скалистый» с 2004 г. ведет добычу сульфидных медно-никелевых руд Октябрьского и Талнахского месторождений. На руднике действуют три ствола, которые обеспечивают плановую добычу на глубине от 700 до 1100 м с применением камерной технологии отработки и последующей закладкой выработанного пространства. Еще два ствола находятся на завершающей стадии строительства и позволят вскрыть месторождение богатых руд на глубине более 1700 м.

В настоящее время одним из основных объектов, осуществляющих подъем горной массы на поверхность, является вспомогательный скиповый ствол № 1 (ВСС-1). Он оснащен двухскиповым одноканатным подъемом. Подъемные сосуды — это два неопрокидных скипа с донной пневморазгрузкой емкостью 6 м<sup>3</sup>. Используются подъемные канаты закрытой конструкции диаметром 43 мм (рис. 1). На площадке ВСС-1 расположены следующие объекты комплекса:

- металлический копер;
- надшахтное здание;
- галерея выдачи руды;
- вентиляторная с калориферной;
- электробойлерная;
- здание подъемного механизма скипового подъема.

Еще с проходческого периода на постоянную эксплуатацию на площадке осталось здание подъемной машины для организации второго механизированного подъема ствола ВСС-1. Также на площадке с юга от копра резервируется место под здание южной скиповой подъемной машины второй очереди, предназначенной для добычи вкрапленных руд. Подземная часть представляет собой ствол с комплексом перепуска.

В дальнейшем предусматривается прием горной массы с горизонтов –850 и –950 м. Дозаторная камера оснащается бункером-доза-

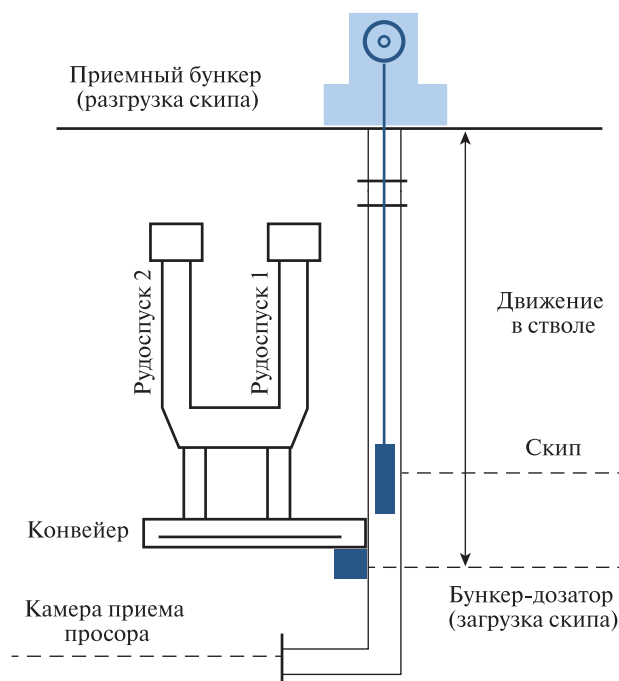


Рис. 1. Схема работы вспомогательного скипового ствола ВСС-1

тором, выполненным на основе индивидуальной разработки. Загрузка скипов производится на весу объемным дозированием. Как уже говорилось, бункер-дозатор рассчитан на загрузку скипов емкостью 6 м<sup>3</sup>. Камера оборудуется двумя пластичными питателями, ленточным конвейером длиной 63 м и шириной 1600 мм с грузовой натяжкой. Обслуживание камеры производится на двух уровнях. Основное электрооборудование установлено на втором уровне.

Разгрузка скипов производится на весу на отметке +15,5 м в металлический бункер, а затем питателем, установленным на высоте +6,2 м. Горная масса передается на ленточный конвейер длиной 168,1 м. Выгрузка руды на склад производится с отметки –8 м.

Объем горной массы, %

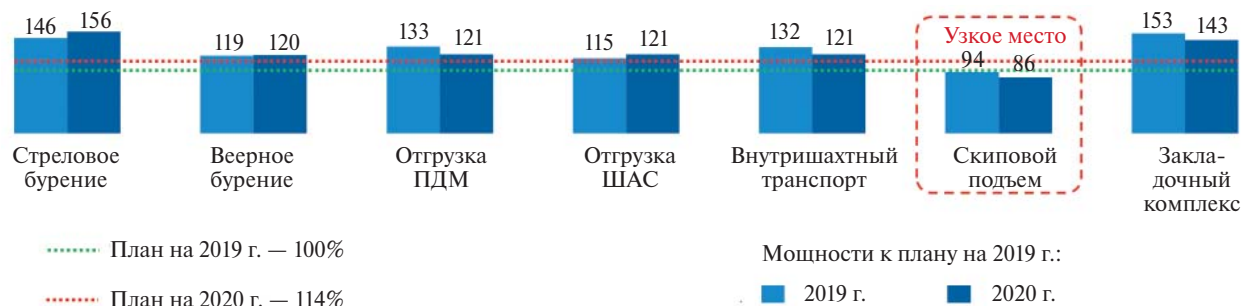


Рис. 2. Анализ производственной мощности рудника по последовательным процессам

Таблица 1

## ПРОБЛЕМА И ЕЕ ПРИЧИНЫ

Комплексный анализ производственной мощности рудника (рис. 2) позволил установить, что скиповой ствол ВСС-1 не обеспечивает подъем горной массы на поверхность в объемах, предусмотренных календарным планом добычи руды. Иными словами, скиповой подъем является узким местом — ограничением всей производственной цепочки: по плану на 2020 г. его производительность была на 14% ниже необходимой. Поиск технологического решения, направленного на устранение данной проблемы, стал целью рассматриваемого проекта (табл. 1).

В ходе анализа производственной мощности, диагностики узкого места, его локализации и корневых причин командой проекта был использован один из основных инструментов Lean — карта потока создания ценности (КПСЦ). В качестве продукта («выхода») в КПСЦ принят объем загрузки горной массой одного карьерного самосвала типа Caterpillar 773E. Карта охватывала следующие технологические операции:

- подготовку к креплению;
- крепление горной выработки;
- бурение на уход и веерное бурение;
- взрывные работы;
- отгрузку горной массы до участкового рудоспуска;
- транспортировку до центрального рудоспуска транспортного горизонта;
- транспортировку до центрального рудоспуска;
- подъем горной массы по скиповому стволу;
- транспортировку на поверхностный склад;
- отгрузку в карьерный самосвал.

При построении КПСЦ использованы фотохронометражные наблюдения процессов, фактические показатели работы оборудования, а также дополнительная информация о процессах, предоставленная специалистами — экспертами рудника. Фрагмент КПСЦ, описывающий

## Визитная карточка проекта

Название проекта	Увеличение производительности скипового подъема за счет ускорения цикла и повышения загрузки скипа
Представляемая организация	Рудник «Скалистый» Заполярного филиала ПАО «ГМК «Норильский никель»
Команда проекта	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Михаил Слупский, заместитель директора по управлению промышленными активами</li> <li>• Сергей Осипов, главный механик</li> <li>• Руфат Гасанов, заместитель главного механика</li> <li>• Анатолий Зозуля, и. о. заместителя главного энергетика</li> </ul>
Решаемая проблема	Скиповой ствол не обеспечивает подъем горной массы в плановых объемах: его годовая производительность на 14% ниже необходимой для выполнения производственной программы
Причины проблемы	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Высокая длительность цикла из-за низкой производительности пневмосистемы узла загрузки-разгрузки скипов</li> <li>• Максимальный объем загрузки руды в скипы составляет 14 т, что недостаточно для выполнения производственной программы</li> </ul>
Предлагаемые решения	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Модернизация пневмосистемы узла загрузки-разгрузки скипов для снижения суммарного цикла подъема</li> <li>• Увеличение грузоподъемности скипов за счет замены футеровочных материалов на более легкие</li> </ul>
Результаты проекта	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Рост производительности скипового ствола — 16,9%</li> <li>• Суммарные инвестиционные затраты — 0,939 млн евро</li> <li>• Годовой экономический эффект — 46,7 млн евро</li> <li>• Срок окупаемости инвестиций — менее 1 месяца</li> </ul>

узкое место технологической цепочки, представлен на рис. 3.

По результатам проведенного исследования были выявлены два ключевых ограничения мощности скипового ствола и установлены их причины.

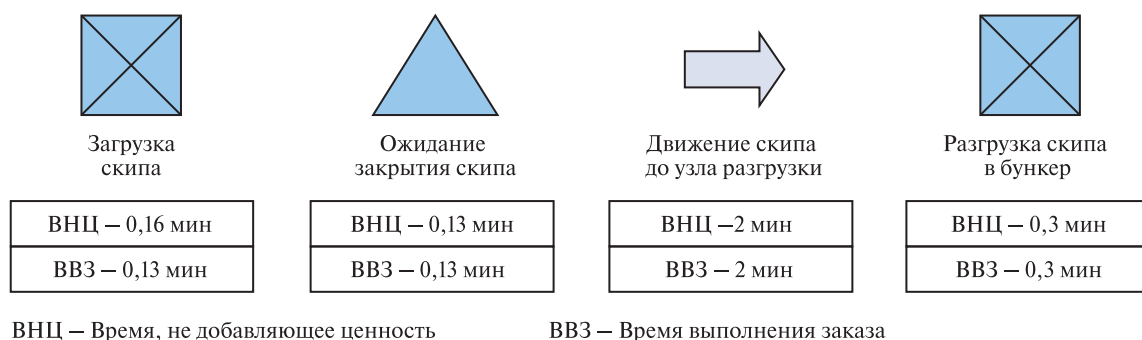
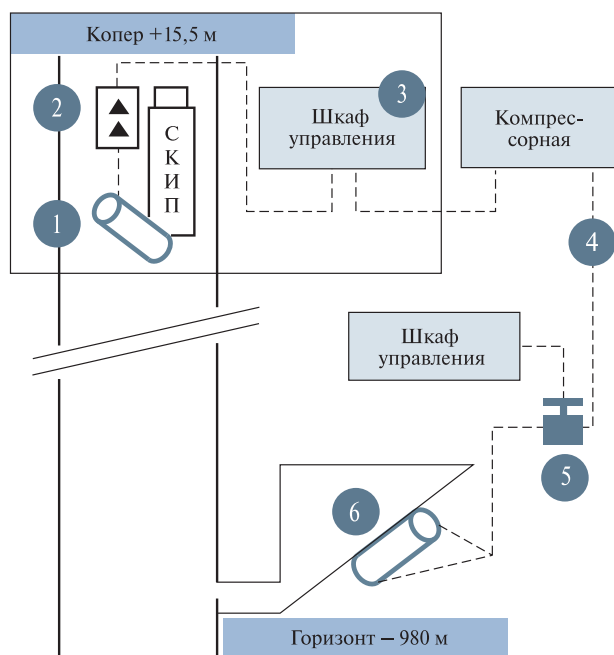


Рис. 3. Фрагмент КПСЦ технологического процесса: узкое место

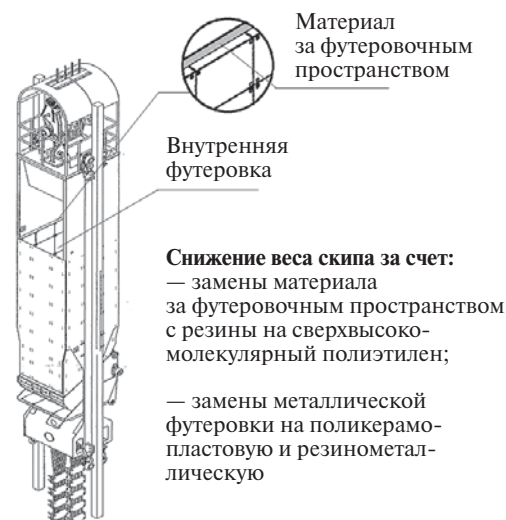


- 1 — Установка клапана быстрого выхлопа
- 2 — Замена стыковочного устройства
- 3 — Замена фильтра шкафа управления
- 4 — расширение трубопроводов пневмолинии
- 5 — установка системы подготовки воздуха
- 6 — замена пневмоцилиндра

Рис. 4. Модернизация пневматической системы узла загрузки-разгрузки

Во-первых, проведенный хронометраж работ показал высокую длительность операций по разгрузке-загрузке скипов из-за низкой производительности пневматической системы данного узла.

Во-вторых, максимальный объем загрузки руды в скипы составляет 14 т, что недостаточно для выполнения производственной программы. Повышение грузоподъемности скипа требует снижения его собственного веса, что требует модернизации применяемой технологии.



- Снижение веса скипа за счет:**
- замены материала за футеровочным пространством с резины на сверхвысокомолекулярный полиэтилен;
  - замены металлической футеровки на поликерамопластовую и резинометаллическую

Рис. 5. Увеличение грузоподъемности скипов за счет замены футеровочных материалов

## ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ И ИХ ЭФФЕКТ

Для устранения двух выявленных причин ограниченной производительности скипового подъема по инициативе команды проекта были реализованы соответствующие технологические улучшения.

Во-первых, проведена модернизация пневматической системы узла загрузки-разгрузки скипов (рис. 4), включающая:

- установку клапана быстрого выхлопа;
- замену стыковочного устройства;
- замену фильтра шкафа управления;
- расширение трубопроводов пневмолинии;
- установку системы подготовки воздуха;
- замену пневматических цилиндров.

За счет данного комплекса мероприятий суммарное время цикла подъема удалось сократить с 141,3 до 135 сек, а максимальное количество скипов — увеличить с 25,4 до 27 в час. В резуль-

Таблица 2

### Сравнение основных показателей работы скипа до и после реализации проекта

Основные показатели	До реализации	После реализации	Отклонение, +/-
Загрузка скипа, сек	19,1	14,8	-4,3
Движение в стволе, сек	109,2	109,2	0
Разгрузка скипа, сек	13	11	-2
Число циклов в сутки	404	436	+32
Грузоподъемность скипа, т	14	15,4	+1,4
Рост производительности ствола в год, %	100	116,9	+16,9

Таблица 3

тате число циклов подъема возросло с 404 до 436 в сутки, а производительность скипового ствола ВСС-1 после реализации проекта увеличилась на 6%.

Во-вторых, обеспечено увеличение грузоподъемности скипов за счет снижения их собственного веса путем замены футеровочных материалов на более легкие (рис. 5):

- резинового материала за футеровочным пространством на сверхвысокомолекулярный полиэтилен;
- металлической футеровки на поликерамопластовую и резинометаллическую.

В результате вес скипа уменьшился с 11 до 9,6 т, за счет чего его грузоподъемность выросла с 14 до 15,4 т, а производительность скипового подъема после реализации мероприятий увеличилась на 10,9%.

Таким образом, суммарный прирост производительности скипового ствола ВСС-1 составил 16,9% (табл. 2). Это обеспечивает достижение цели проекта. Напомним, что устранение узкого места технологического процесса требовало ее повышения как минимум на 14%.

Результирующие экономические показатели проекта представлены в табл. 3. Суммарные инвестиционные затраты на его реализацию составляют 0,939 млн евро, а ожидаемый экономический эффект — 46,7 млн евро в год. Таким образом, срок окупаемости инвестиций на реконструкцию скипового ствола ВСС-1 не превышает одного месяца.



**Результирующие показатели проекта**

Мероприятие	Инвестиции, млн евро	Годовой экономический эффект, млн евро
Модернизация узла загрузки-разгрузки	0,039	16,4
Увеличение грузоподъемности скипов	0,9	30,3
<b>ИТОГО</b>	<b>0,939</b>	<b>46,7</b>

**ABSTRACT**

The target of production capacity increase by eliminating bottlenecks is typical for most industrial enterprises. It is no coincidence that almost all management schools, including the Lean concept and Goldratt's theory of constraints, were engaged in the development of methodology tools in this area. An example of a practical solution to this problem is the project implemented at the Skalisty Mine of Polar Division of MMC Norilsk Nickel PJSC, presented at the International Productivity Week. Rufat Hasanov, one of the project team members, tells about it.

**АВТОР**



**Руфат Гасанов**

заместитель главного механика рудника «Скалистый» Заполярного филиала ПАО «ГМК «Норильский никель»

**Rufat Hasanov**

Deputy Chief Mechanic of Skalisty Mine of Polar Division of MMC Norilsk Nickel PJSC

**ЛУЧШЕ МЕНЬШЕ, ДА ЛУЧШЕ**

**Вероника Денисова, исполнительный директор IPWeek**

Данный проект показывает, насколько велик потенциал повышения производительности и эффективности в компаниях и насколько малым набором инструментов можно его реализовать.

Прежде чем приступить к масштабному технологическому перевооружению, стоит внимательно изучить существующие несоответствия и узкие места в процессах. Возможно, методически для этих целей будет достаточно инструмента картирования процесса, как в данном проекте. Потенциал КПСЦ поистине безграничен, и участники конкурса проектов улучшений Международной недели производительности IPWeek каждый год представляют

проекты, раскрывающие все новые и новые грани его использования — как в сугубо технологических задачах, так и в решениях по цифровизации процессов.

Второй важный аспект, который все чаще заявляет о себе, — смена технологических укладов не только за счет цифровизации, но и в связи с доступностью новых материалов и технологий. На руднике «Скалистый» активно экспериментируют в этом направлении, поэтому решение по повышению производительности скипа было найдено не экстенсивными методами, а путем качественного изменения существующего оборудования. И этот подход принес отличный результат.