



ОТЧЕТ

**Инспекции планетарного редуктора WOORIM Machinery
Башенной Мельницы ЕТМ-2500**

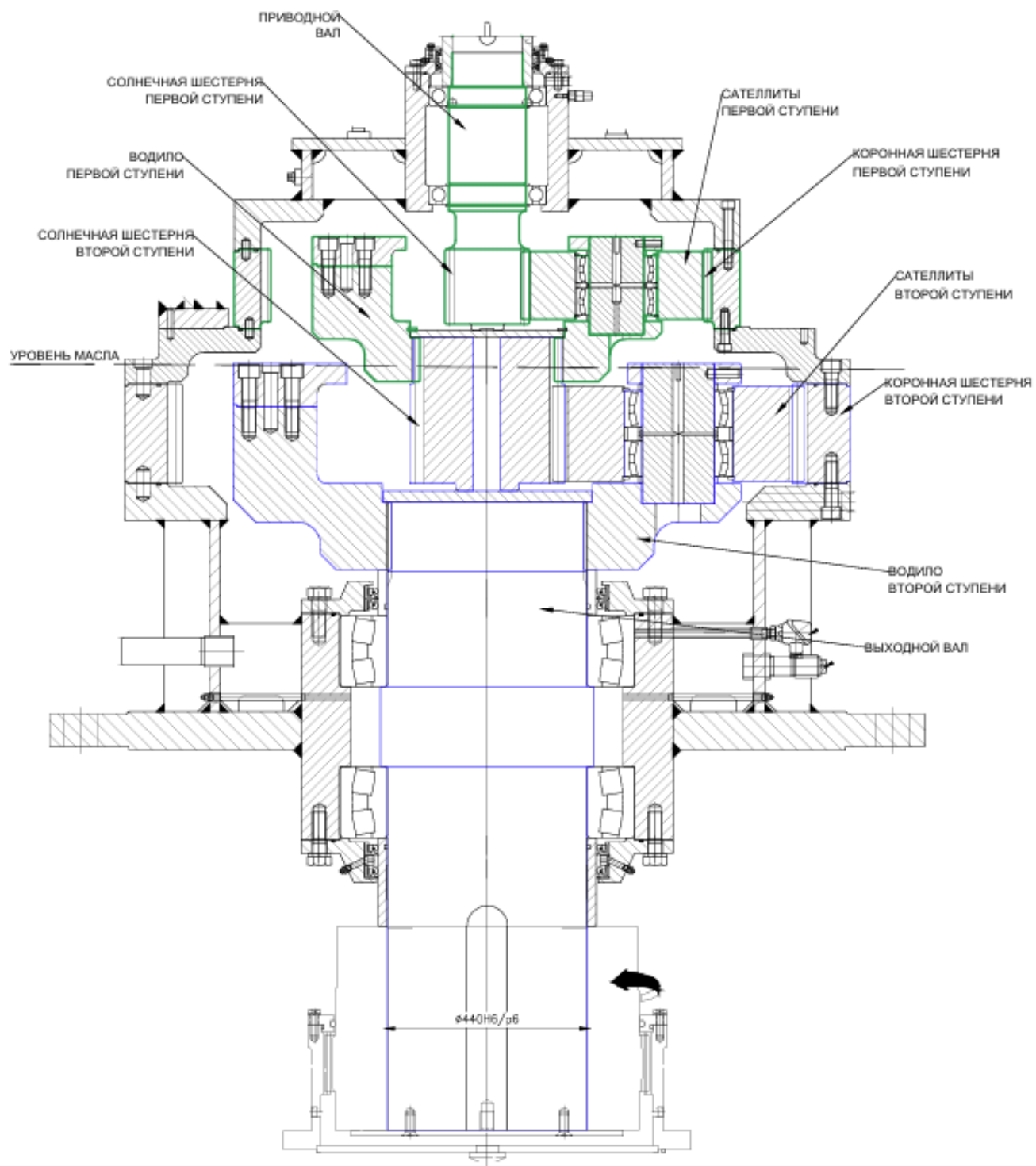
Подготовил:

Инженер-механик ЗИФ

Доргоев К.

02.08.2026г.

рудник «Кумтор»



ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.

Башенная мельница №2 была запущена 26 февраля 2024 года. Во время запуска наблюдался перегрев входного вала редуктора в зоне между соединительной муфтой и подшипниковым узлом. Температура поверхности вала достигала 110 °С. Путем регулировки клапанов системы смазки и изменения распределения потока масла удалось снизить температуру входного вала до 86-90 °С.

Общий расход масла от маслостанции составлял 75 л/мин.

Также наблюдался высокий уровень шума. Измеренный уровень шума редуктора составил 103,3 дБ.

Башенная мельница произведена компанией Nippon Eirich с планетарным редуктором от компании Woorim Machinery.

При вводе в эксплуатацию скорость вибрации редуктора составляла до 3 мм/с, что соответствовало верхнему пределу допустимого значения.

Первую высокую вибрацию зафиксировали в начале ноября 2025 года. Скорость вибрации была 10-13 мм/с и продолжалось расти до аварийной остановки 17 июня 2026 года характерным звуком разрушения зубьев шестерни.

Общие часы работы – 18200 часов.

РЕЗУЛЬТАТ ИНСПЕКЦИИ

28 Июня 2026 года начали скрывать редуктор для инспекции.

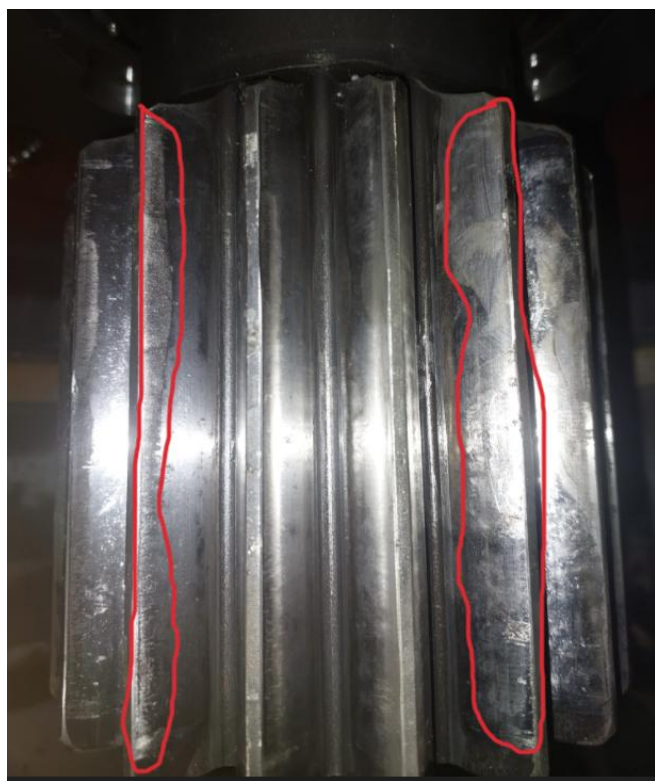
1. Первая ступень

1.1. Входной вал



Вал вращается свободно без закусывания и зажатий.

На дне некоторых впадин солнечной шестерни обнаружены локальные повреждения поверхности и следы схватывания металла.



Также наблюдается неравномерное распределение пятна контакта по рабочим поверхностям зубьев. На нерабочей стороне отдельных зубьев вблизи вершин присутствуют следы контакта и абразивного износа.

Характер пятна контакта указывает на неравномерное распределение нагрузки по ширине зуба. Возможными причинами могут являться перекос элементов передачи, отклонение геометрии зацепления либо повреждение подшипниковых узлов.

На торцевой опорной поверхности входного вала обнаружены следы интенсивного износа с признаками пластической деформации материала. Кромки контактной поверхности имеют завальцовку, местами наблюдается выкрашивание и отрыв материала. Характер повреждения свидетельствует о том, что действующие контактные напряжения и осевые

нагрузки превышали расчетный уровень для данного узла.



Недостаточная смазка могла способствовать ускоренному развитию данного повреждения.

1.2. Коронная шестерня:

На зубьях коронной шестерни обнаружены следы схватывания металла, пластической деформации, выкрашивания и локального разрушения зубьев.

Характер повреждений свидетельствует о механическом воздействии посторонних твердых частиц в зоне зацепления.



1.3. Сателлиты:





Внутри водила обнаружен часть стопорного кольца подшипника сателлита.

На торцевой поверхности одного из сателлитов обнаружены механические повреждения.

На зубьях сателлитов обнаружены следы схватывания металла, пластической деформации и локального разрушения зубьев.

При проверке вращения сателлитов установлено, что два из трех сателлитов имеют повреждения подшипниковых узлов.

1.4. Водило:



Обнаружено разрушение стопорного кольца, фиксирующего упорную плиту.

На поверхности упорной плиты выявлены выраженные следы контактного износа в зоне сопряжения с торцом входного вала.

Характер повреждений упорной плиты соответствует повреждениям, обнаруженным на торцевой поверхности входного вала.



На шлицевом соединении водила первой ступени обнаружены множественные сколы и локальные разрушения рабочих кромок шлицев.

2. Вторая ступень



2.1. Солнечная шестерня

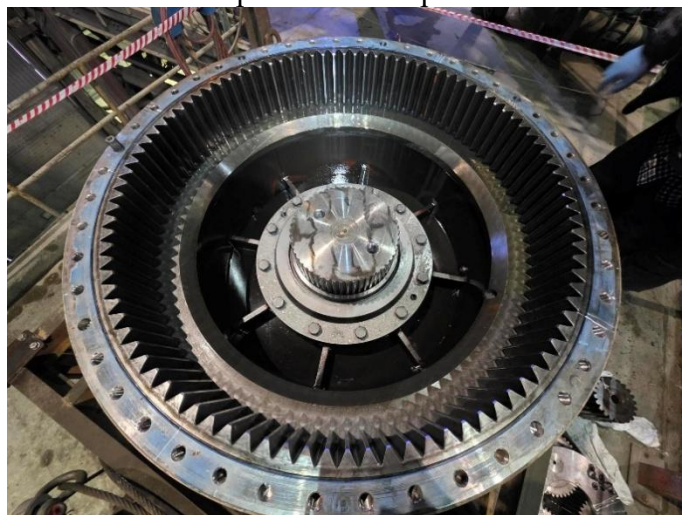


Шлицевое соединение и зубья солнечной шестерни второй ступени находятся в хорошем состоянии. При визуальном осмотре следов схватывания металла, пластической деформации, трещин, сколов и иных повреждений не обнаружено.

Несмотря на наличие повреждений ведомых шлицев водила первой ступени, сопрягаемые шлицы солнечной шестерни второй ступени видимых повреждений не имеют.

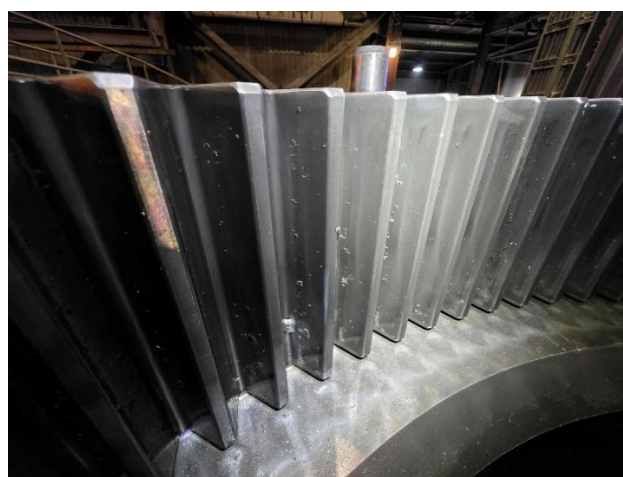
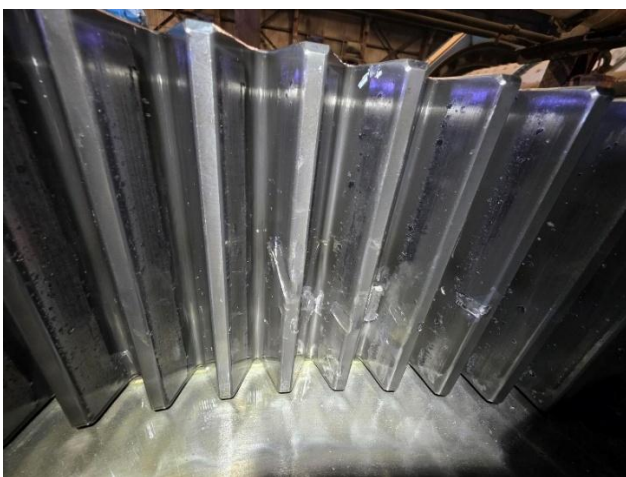
Упорная поверхность солнечной шестерни признаков износа не имеет.

2.2. Коронная шестерня



На четырех зубьях обнаружены локальные деформации глубиной до 3 мм. Характер и форма повреждений соответствуют механическому воздействию фрагментов стопорного кольца подшипника сателлита первой ступени

Также на зубьях обнаружены следы схватывания и вдавливания металла как в межзубовом пространстве, так и на рабочих поверхностях зубьев. Отсутствуют трещины и обломанные зубья.



2.3. Сателлиты

Зубья сателлитов находятся в удовлетворительном состоянии. На одном из сателлитов выявлены локальные повреждения нескольких зубьев глубиной до 1 мм.

При проверке вращения установлено, что три из четырех сателлитов вращаются с повышенным сопротивлением, однако признаков заклинивания не обнаружено.



2.4. Водило:



Водило второй ступени находится в хорошем состоянии. При визуальном осмотре трещин, деформаций, сколов и иных повреждений не обнаружено.

2.5. Выходной вал:



Выходной вал находится в хорошем состоянии. При визуальном осмотре следов износа, трещин, деформаций и повреждений шлицевого соединения не обнаружено.

3. Корпус редуктора

Корпус редуктора находится в хорошем состоянии.

При визуальном осмотре трещин, следов износа, деформаций и повреждений резьбовых соединений не обнаружено.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате инспекции установлено, что основные повреждения сосредоточены в первой ступени планетарного редуктора. Первая ступень имеет повреждения зубчатых передач, разрушение подшипников сателлитов, разрушение стопорных колец, повреждение шлицевого соединения водила и повышенный износ упорного узла входного вала. При этом элементы второй ступени, выходной вал и корпус редуктора находятся в работоспособном состоянии.

Наиболее вероятной причиной повреждений первой ступени является недостаточная подача масла в зону первой ступени. На это указывают следующие признаки:

- повышенная температура входного вала с момента ввода редуктора в эксплуатацию;
- снижение температуры после регулировки системы смазки;
- следы схватывания металла на зубьях первой ступени;
- повреждение двух из трех подшипников сателлитов;
- повышенный износ и пластическая деформация упорной поверхности входного вала;
- значительно более тяжелое состояние первой ступени по сравнению со второй ступенью.

Первая ступень расположена выше уровня масла в корпусе редуктора и работает за счет принудительной подачи масла. Поэтому состояние подшипников и зубчатых передач первой ступени напрямую зависит от эффективности системы смазки.

Разрушение подшипников сателлитов привело к нарушению нормального зацепления элементов планетарной передачи и росту динамических нагрузок. В результате произошло разрушение зубьев сателлитов, повреждение коронной шестерни первой ступени, разрушение стопорных колец и повреждение шлицевого соединения водила.

Обнаруженные на коронной шестерне второй ступени локальные деформации зубьев соответствуют воздействию металлических фрагментов, образовавшихся в результате разрушения элементов первой ступени. При этом существенных повреждений элементов второй ступени не обнаружено.