

**АО «ПЕТЕРБУРГСКИЙ ТРАКТОРНЫЙ ЗАВОД»**



**Алякин В.Л.**

**УТВЕРЖДАЮ**

Главный энергетик  
АО «Петербургский Тракторный Завод»


  
Стецук Д. А.

« 24 » 01. 2025 г.

**Акт о влиянии обработки МВПТ по технологии Револмод  
на эксплуатационные параметры винтового компрессора  
ATMOS Albert E.65 RD с воздушной головкой ATMOS B100**

**Согласовано**

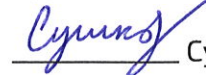
Начальник участка энергоремонта  
механических цехов  
АО «Петербургский Тракторный Завод»

 Шинкович В.Ф.  
« 24 » 01 2025 г.

**Согласовано**

Главный инженер

ООО «Револмод»

 Сушков Е.О.  
« 24 » 01 2025 г.

**г. Санкт-Петербург 2024**



## СОДЕРЖАНИЕ ДОКУМЕНТА

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. ОБЪЕКТ, МЕСТО И ВРЕМЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ .....</b>  | <b>2</b>  |
| <b>2. СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ .....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>3. ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ ПРОВОДИМЫХ РАБОТ .....</b>   | <b>3</b>  |
| 3.1. ОПИСАНИЕ РАБОТ И ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ.....   | 3         |
| 3.2. КОНТРОЛИРУЕМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ, ФИКСИРУЕМЫЕ В ПРОТОКОЛ, ТОЧКИ СНЯТИЯ И СПОСОБ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТА .....   | 5         |
| 3.3. СХЕМА ВОЗДУШНОЙ ГОЛОВКИ ВИНТОВОГО КОМПРЕССОРА ATMOS ALBERT E.65 RD.....  | 7         |
| 3.4. ОБЩИЙ ВИД КОМПРЕССОРА ПРИ СНЯТИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ.....  | 7         |
| <b>4. ОСМОТР ПОВЕРХНОСТЕЙ РОТОРОВ И ОЦЕНКА ЧИСТОТЫ МАСЛЯНОЙ СИСТЕМЫ.....</b>  | <b>8</b>  |
| 4.1. ЧИСТОТА МАСЛЯНОЙ СИСТЕМЫ .....   | 8         |
| 4.2. ОСМОТР ПОВЕРХНОСТЕЙ РОТОРОВ.....   | 8         |
| <b>5. РЕЗУЛЬТАТЫ СНЯТИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ.....</b>  | <b>11</b> |
| 5.1. ЗАЗОР МЕЖДУ ВЕДУЩИМ И ВЕДОМЫМ РОТОРОМ, ВЕЛИЧИНА МЁРТВОГО ХОДА ВЕДОМОГО РОТОРА.....   | 11        |
| 5.2. ВРЕМЯ ЗАПОЛНЕНИЯ ПОЛНОСТЬЮ ОПУСТОШЕННОГО РЕЗЕРВУАРА.....   | 13        |
| 5.3. ТЕМПЕРАТУРА И ВЛАЖНОСТЬ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....  | 15        |
| 5.4. АКТИВНАЯ МОЩНОСТЬ ПО ФАЗАМ ПРИ РАБОТЕ С ПОЛНОСТЬЮ ОТКРЫТЫМ ВЫХОДОМ.....  | 16        |
| 5.5. ПОЛНАЯ МОЩНОСТЬ ПО ФАЗАМ ПРИ ПОСТОЯННОЙ РАБОТЕ И ОБЪЁМ СЖАТОГО КОМПРЕССОРОМ ВОЗДУХА ЗА СУТКИ, АНАЛИЗ ДАННЫХ С МОБИЛЬНОГО ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ..... | 18        |
| 5.6. ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ КОМПРЕССОРА ПРИ ПОЛНОСТЬЮ ОТКРЫТОМ ВЫХОДЕ .....   | 22        |
| 5.7. ВИБРОСКОРОСТЬ, ВИБРОПЕРЕМЕЩЕНИЕ И ВИБРОУСКОРЕНИЕ.....  | 24        |
| 5.8. УРОВЕНЬ ШУМА В ПОМЕЩЕНИИ И ПРИ РАБОТЕ КОМПРЕССОРА.....   | 26        |
| <b>6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ИТОГАМ ОБРАБОТКИ .....</b>  | <b>27</b> |

|      |      |          |         |      |  |       |
|------|------|----------|---------|------|--|-------|
|      |      |          |         |      |  | Лист  |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  | - 7 - |

## 1. ОБЪЕКТ, МЕСТО И ВРЕМЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ

Работы проводились на винтовом компрессоре ATMOS Albert E.65 с использованием при обработке модификаторов и восстановителей поверхностей трения «Комплекс МВПТ Револмод для компрессорного оборудования 20».

### Данные компрессора

|   |                      |
|---|----------------------|
| Марка и модель компрессора                | ATMOS Albert E.65 RD |
| Страна производства                       | Чехия                |
| Серийный номер                            | 96134                |
| Год выпуска                               | 2016                 |
| Воздушная головка                         | ATMOS B100           |
| Номинальное избыточное давление           | 0,8 бар              |
| Макс. скорость вращения воздушной головки | 1455 оборотов/мин    |
| Максимальная мощность                     | 7,5 кВт (3 фазы)     |
| Система охлаждения                        | Впрыск масла         |
| Объем заливки компрессорного масла        | 3,5 л                |
| Максимальная температура масла в системе: | 110 °С               |
| Номинальное напряжение                    | 400 В / 50 Гц        |

*Данные из документации производителя.*

### Цель проведения

Оценка влияния обработки винтового компрессора по технологии Револмод продуктом «Комплекс МВПТ Револмод для компрессорного оборудования 20» на эксплуатационные показатели и энергоэффективность.

### Период проведения:

26.11.2024 – 23.12.2024

### Место проведения:

АО «Петербургский Тракторный Завод»  
г. Санкт-Петербург, проспект Стачек, д. 47, цех № 225

### Представители сторон:

#### АО «Петербургский тракторный завод»

Стецук Д.А. - Главный энергетик  
Стрепуховский Д.Н. - Заместитель главного энергетика  
Шинкович В.Ф. - Начальник участка энергоремонта механических цехов  
Кутляров О.В. - Мастер участка

#### ООО «Револмод»

Сушков Е.О. - Главный инженер

|      |      |          |         |      |  |       |
|------|------|----------|---------|------|--|-------|
|      |      |          |         |      |  | Лист  |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  | - 2 - |

## 2. СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

- 2.1. Протокол оценки состояния компрессора до и после обработки
- 2.2. Винтовой Компрессор Методика проведения работ с применением технологии Револомод
- 2.3. Инструкция по применению комплекса МВПТ Револомод на винтовых компрессорах
- 2.4. Инструкция по использованию винтовых компрессоров Atmos Albert
- 2.5. ГОСТ ИСО 10816-1-97 Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Часть 1. Общие требования.
- 2.6. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда, вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности
- 2.7. ГОСТ 20073-81 Компрессоры воздушные стационарные общего назначения. Правила приемки и методы испытаний.
- 2.8. ГОСТ 28567-90 Компрессоры. Термины и определения.
- 2.9. 24-00.00.000ПМ «Редукторы общемашиностроительного применения, выпускаемые в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50891-96. Программа и методика испытаний».

## 3. ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ ПРОВОДИМЫХ РАБОТ

### 3.1. Описание работ и основные показатели оценки эффективности обработки

При проведении работ были сняты показатели работы и эксплуатационные характеристики винтового компрессора до обработки, проведена обработка в две стадии по технологии Револомод продуктом «Комплекс МВПТ Револомод для компрессорного оборудования 20» (МВПТ-Модификаторы и Восстановители Поверхностей Трения, далее по тексту - МВПТ), сняты показатели между стадиями обработки и после обработки, проведена замена масла и снова сняты показатели.

Время проведения работ с 26.11.2024 по 23.12.2024 с обязательной непрерывной работой компрессора между каждым снятием показателей несколько суток.

Все показатели снимались и фиксировались в документе «Протокол оценки состояния компрессора до и после обработки» (далее по тексту – Протокол) на разных этапах в максимально приближенных условиях, в одно и то же время дня, в присутствии одного и того же мастера участка, при обязательной работе компрессора до замеров более часа, при одинаковом входном напряжении.

|      |      |          |         |      |  |       |
|------|------|----------|---------|------|--|-------|
|      |      |          |         |      |  | Лист  |
|      |      |          |         |      |  | - 3 - |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |       |

Проводилась фотофиксация всех показателей с их дублированием мастеру участка и главному энергетику. Замеры и фиксация всех показателей проводилась одним и тем же оборудованием в одинаковых контрольных точках.

**Работы были разделены на 7 этапов:**

- [1] Осмотр компрессора и первое снятие показаний в Протокол в присутствии мастера участка 26.11.2024 в 14:00. Визуальная оценка чистоты масляной системы и осмотр с фотофиксацией поверхностей ведущего и ведомого роторов.
- [2] Проведение 09.12.2024 в 13:30 первой стадии обработки (стадии восстановления) после проверки корректности фиксации показателей мобильным электроизмерительным комплексом и вычислителем с регистратором данных расходомера за четверо полных суток. На данной стадии в масляную систему была добавлена основная смесь МВПТ и активатора, благодаря которым при работе компрессора в зонах трения проходят высокоэнергетические процессы преобразования и упорядочивания структуры поверхностных слоёв металлических пар трения при накоплении между ними неабразивных микроструктур модификатора, катализатором этих процессов является энергия, высвобожденная при разрушении накопленного модификатора и поглощении им кинетической энергии подвижных деталей и тепловой энергии в зонах граничного трения.
- [3] Второе снятие показаний в Протокол 11.12.2024 в 13:30. Изменение показателей демонстрирует, насколько поднялись эксплуатационные характеристики винтового компрессора в результате компенсации износа, повышения олеофильности, микротвёрдости и антифрикционных свойств поверхностей трения после завершения первой стадии – стадии восстановления.
- [4] Проведение второй стадии обработки (стадии упрочнения и закрепления) 11.12.2024 в 14:30. На данной стадии в масляную систему была добавлена закрепляющая смесь МВПТ, целью которой является упрочнение и закрепление новых структур в модифицированных поверхностях трения.
- [5] Третье снятие показаний в Протокол 13.12.2024 в 13:30. Изменение показателей демонстрирует продолжение процесса восстановления и самооптимизации, а также дополнительного улучшения эксплуатационных характеристик благодаря повышению микротвёрдости и антифрикционных свойств поверхностей трения, модифицированных на второй стадии обработки.
- [6] Замена масла в компрессоре сервисной компанией 19.12.2024. Проводится для подтверждения сохранения эффективности обработки при смене смазочных материалов.
- [7] Четвертое снятие показаний в Протокол 23.12.2024 в 14:30. Запрос на получение полных данных с мобильного электроизмерительного комплекса с 26.11.2024 по 23.12.2024 включительно.

|      |      |          |         |      |  |  |  |  |  |       |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|-------|
|      |      |          |         |      |  |  |  |  |  | Лист  |
|      |      |          |         |      |  |  |  |  |  | - 4 - |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |  |  |  |  |       |

### 3.2. Контролируемые показатели, фиксируемые в Протокол, точки снятия и способ оценки результата

3.2.1. **Зазор между ведущим ротором и ведомым ротором** (номера 3 и 4 на рисунке 1 из пункта 3.3., далее по тексту - номера 3 и 4 на рис.1) замерялся щупами через верхнее отверстие в корпусе (номер 1 на рис.1) при снятом впускном клапане и воздушном фильтре, фиксировалась температура ведомого ротора (номер 3 на рис.1) непосредственно перед началом замера зазоров. Величина мёртвого хода, дублирующая зазор между роторами, фиксировалась микрометром индикаторного типа с рычажным наконечником на магнитной стойке при фиксации ведомого ротора пластиковым инструментом во избежание повреждения поверхности ротора, поскольку снятие крышки (номер 5 на рис.1) для жесткой фиксации ротора невозможно из-за риска нарушения регулировки опорных подшипников (номера 8 и 9 на рис.1). Для обеспечения снятия показателей в 2-х разных местах роторы проворачивались на 180° и повторно снимались показатели. Данные сняты 2 раза и занесены в Протоколе в п. 1 таблицы результатов измерений. Оценивается разница зазоров и разница величины мёртвого хода ротора до и после обработки.

3.2.2. **Время заполнения полностью опустошенного резервуара** фиксировалось по таймеру при проведении видеозаписи всего процесса до включения компрессора с контролем отсутствия давления в резервуаре и после отключения с одновременной остановкой таймера. Температура воздушной головки фиксировалась на стыке корпуса и крышки (номера 1 и 5 на рис.1) на уровне верхней части подшипника (номер 10 на рис.1). Данные замерены 4 раза и занесены в Протоколе в п. 2 таблицы результатов измерений. Оценивается разность среднего времени заполнения до и после обработки.

3.2.3. **Температура и влажность окружающей среды** фиксировалась прибором измерения физических параметров окружающей среды вблизи компрессора, так как рядом с компрессором находились источники тепла (камеры химико-термической обработки). Данные замерены 4 раза и занесены в Протоколе в п. 3 таблицы результатов измерений. Условия работы компрессора приближены при всех снятиях показаний.

3.2.4. **Активная и полная мощность по фазам, ток и напряжение** при работе компрессора без нагрузки с открытым выходом в атмосферу и с пустым резервуаром фиксировалось мобильным электроизмерительным комплексом, установленным сотрудниками АО «Петербургский Тракторный Завод» (далее по тексту – АО «ПТЗ»), данные предоставлялись заместителем главного энергетика в виде файла выписки в формате .xlsx, из которого брались данные на 4 интервала времени, указанных в Протоколе в п. 4 таблицы результатов измерений. Проводилась оценка изменения полной мощности при перекачке

|      |      |          |         |      |  |       |
|------|------|----------|---------|------|--|-------|
|      |      |          |         |      |  | Лист  |
|      |      |          |         |      |  | - 5 - |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |       |

воздуха до, во время, после обработки и после замены масла. Входное напряжение по выписке не отличается при всех замерах.

**3.2.5. Объём сжатого компрессором воздуха за сутки и по часам** фиксировался вычислителем Ирга-2 с записью в регистратор с вихревого расходомера Ирга-РВ, установленного на выходе компрессора с частичным перекрытием для исключения перегрева при непрерывной работе компрессора. Выход после расходомера не был ограничен и прокачиваемый воздух полностью выходил в атмосферу. Данные за полные сутки по дням с датой указаны в Протоколе в п. 5 таблицы результатов измерений. Данные по часам и по дням снимались в виде фото экрана вычислителя-регистратора. Активная и полная мощность по фазам, ток и напряжение при работе компрессора фиксировалось мобильным электроизмерительным комплексом, установленным сотрудниками АО «ПТЗ», данные предоставлялись заместителем главного энергетика в виде файла выписки в формате .xlsx на весь временной интервал проведения работ. Оценивается рост объёма сжатого компрессором воздуха за полные сутки при одновременном уменьшении активной мощности при сжатии при сохранении входного напряжения на одинаковом уровне.

**3.2.6. Производительность компрессора при работе компрессора без нагрузки** с открытым выходом в атмосферу и с пустым резервуаром фиксировалась вычислителем Ирга 2 по данным потока с вихревого расходомера Ирга РВ с выводом на экран мгновенных значений. Данные замерены 4 раза и занесены в Протоколе в п. 6 таблицы результатов измерений с указанием даты, времени и температуры воздушной головки. Температура воздушной головки фиксировалась на стыке корпуса и крышки (номера 1 и 5 на рис.1) на уровне верхней части подшипника (номер 10 на рис.1). Время фиксации потока фиксируется на фото с экрана вычислителя-регистратора и попадает в соответствующий интервал времени из пункта 3.2.4. Оценивается рост величины потока воздуха при одновременном снижении активной мощности из п. 3.2.4. при одинаковом входном напряжении.

**3.2.7. Виброскорость, виброперемещение и виброускорение** фиксировались магнитным датчиком вибromетра на плоской площадке на стыке корпуса и крышки (номера 1 и 5 на рис.1) непосредственно у места нахождения внутри корпуса подшипника (номер 10 на рис.1) при работе компрессора без нагрузки с открытым выходом в атмосферу и с пустым резервуаром. Данные снимались непосредственно после п. 3.2.6. Данные замерены 4 раза и занесены в Протоколе в п. 7 таблицы результатов измерений.

**3.2.8. Уровень шума в помещении и при работе компрессора** фиксировался в непосредственной близости от компрессора и воздушной головки соответственно. Данные замерены 4 раза и занесены в Протоколе в п. 8 таблицы результатов измерений.

|      |      |          |         |      |  |       |
|------|------|----------|---------|------|--|-------|
|      |      |          |         |      |  | Лист  |
|      |      |          |         |      |  | - 6 - |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |       |

### 3.3. Схема воздушной головки винтового компрессора ATMOS Albert E.65 RD

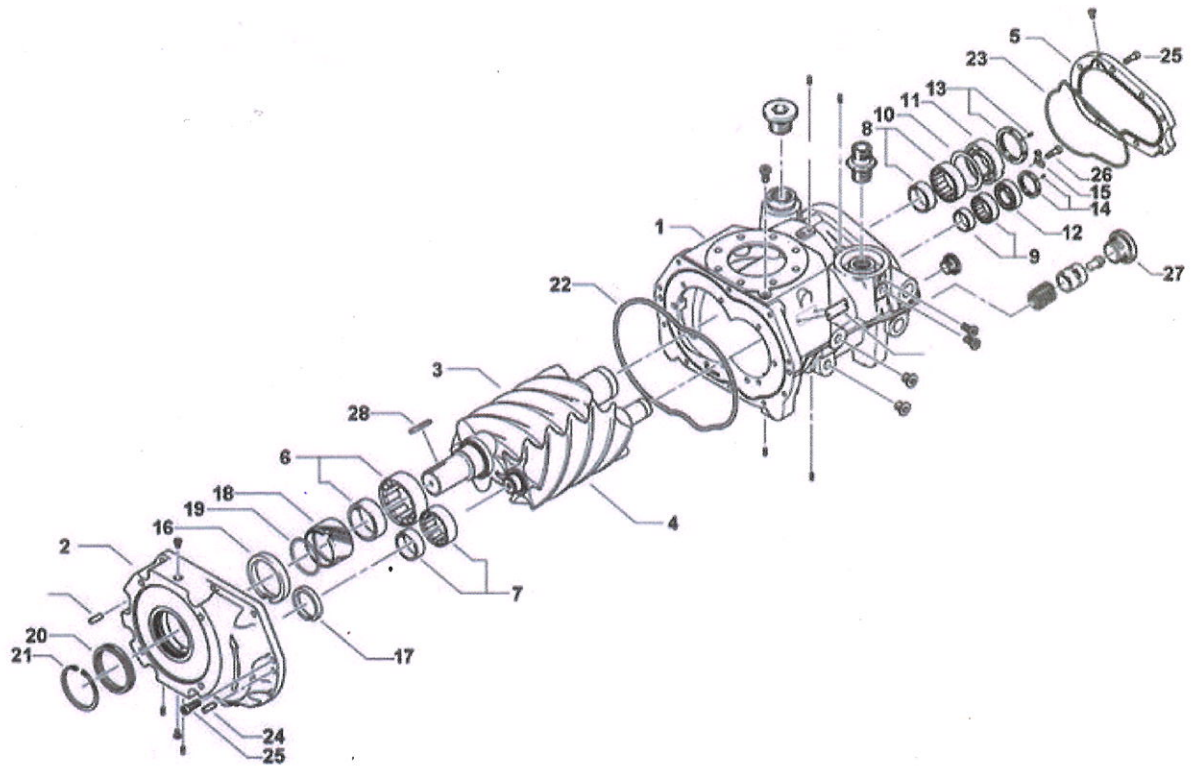
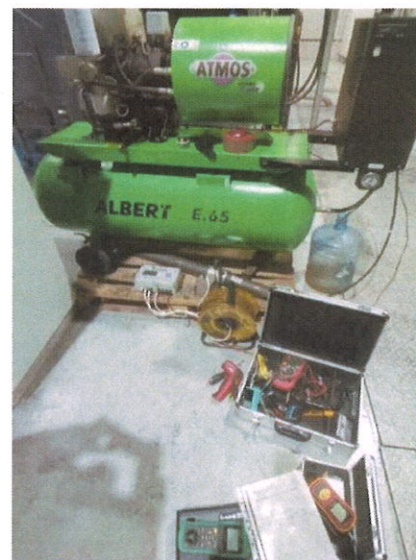


Рисунок 1. Схема воздушной головки компрессора.

### 3.4. Общий вид компрессора при снятии показателей.



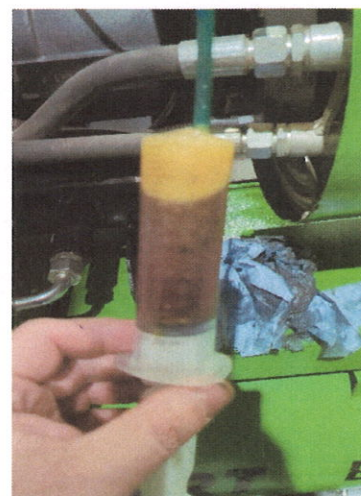
|      |      |          |         |      |  |       |
|------|------|----------|---------|------|--|-------|
|      |      |          |         |      |  | Лист  |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  | - 7 - |

#### 4. ОСМОТР ПОВЕРХНОСТЕЙ РОТОРОВ И ОЦЕНКА ЧИСТОТЫ МАСЛЯНОЙ СИСТЕМЫ

##### 4.1. Чистота масляной системы

Масло в компрессоре менялось незадолго до проведения обработки, точная дата неизвестна, время после замены масла до начала работ не более месяца.

При осмотре было темнее стандартного, но прозрачное и без запаха гари. После долгой работы компрессора и его охлаждения масло было сильно вспенено, пена оседала долго, что указывает о уже недостаточной работе противопенной присадки при сильном давлении в компрессоре, так же о наличии кавитационных процессов в масляной системе воздушной головки. На крышке маслозаливной горловины при осмотре обнаружены в небольшом количестве осевшие частицы загрязнений в виде мелких песчинок или пыли, которая могла попасть из-за недостаточной фильтрации воздушным фильтром. Продуктов износа металла в масле не обнаружено.



После проведения второй стадии обработки при осмотре 13.12.2024 чистота масляной системы и вспениваемость масла не изменились.

##### 4.2. Осмотр поверхностей роторов

На всех рабочих поверхностях роторов обнаружены следы сильного износа - задиры, царапины, особенно в местах более частого контакта ведущего и ведомого роторов, менее на поверхностях контакта с корпусом.

На ощупь поврежденные поверхности сильно шероховатые, цепляются за кожу, в некоторых местах имеются острые края царапин, глубина которых наиболее заметна при отсвете бокового освещения.

При первичном осмотре поверхностей обнаружено наличие фиолетовых областей, что говорит о том, что при эксплуатации были допущены условия для появления сильного перегрева роторов.

|      |      |          |         |      |  |       |
|------|------|----------|---------|------|--|-------|
|      |      |          |         |      |  | Лист  |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  | - 8 - |

Осмотр поверхностей роторов проводился дважды 26.11.2024 до обработки и 13.12.2024 после второй стадии обработки.

Одновременно при осмотре проводились замеры щупами зазора между ведущим и ведомым роторами и мёртвый ход одного из роторов при фиксации второго.

При осмотре снимался корпус входного обратного клапана и воздушный фильтр.

**Вывод по результатам осмотра поверхностей роторов после второй стадии обработки:**

При осмотре поверхностей роторов после обработки было выявлено общее сглаживание поверхностей трения. Особенно заметно сглаживание видно при отражении бокового света.

Все поверхности трения после обработки приобрели дополнительный зеркальный блеск.

Изменения цвета, создания каких-либо видимых поверхностных слоёв, отличающихся по структуре или составу от штатной поверхности, как в случае металлоплакирующих присадок, при осмотре выявлено не было.

Заметно небольшое осветление поверхностей, что при одновременном значительном повышении зеркальности создает визуальное ощущение, что поверхности покрыты слегка белёсым лаком.

На ощупь поверхности стали гладкими с невыраженным, но осязаемым рельефом в местах повышенного износа.

Поверхность в местах трения при многократном протирании сохраняла ощущение жирности, в отличие от поверхностей, не участвующих в процессах трения.

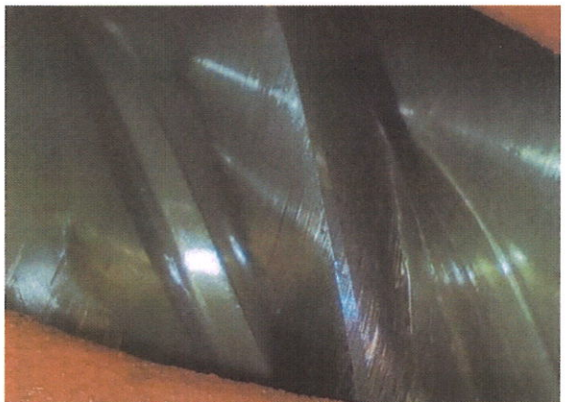
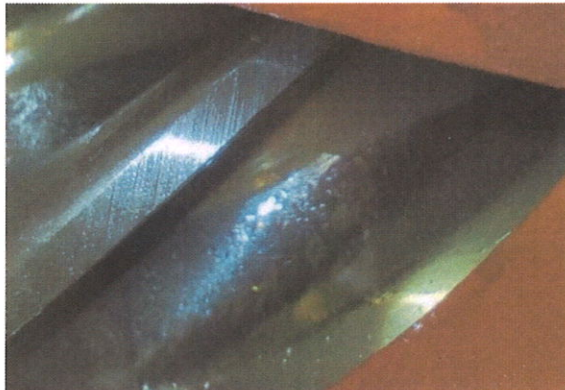
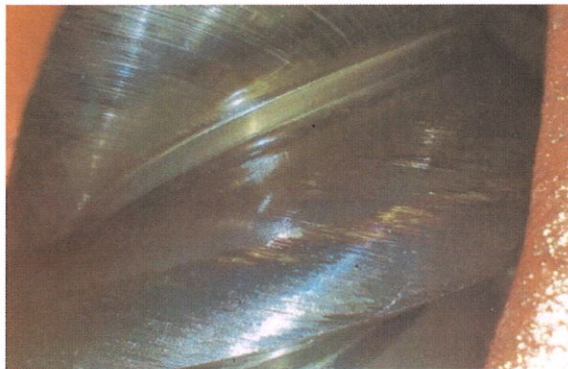
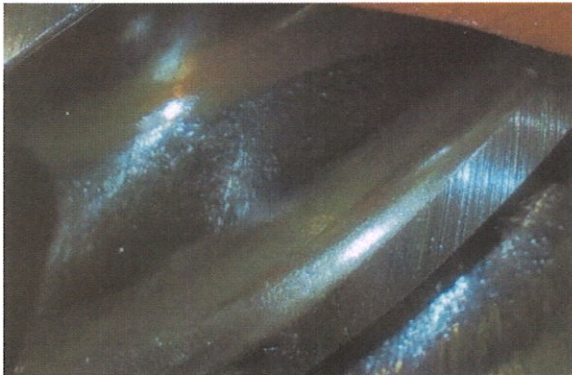
В местах, где при осмотре до обработки поверхность имела сильные повреждения и цеплялась за кожу при проведении пальцем, после обработки сохранились углубления от сильных царапин, но при этом на ощупь они стали более гладкими.

В целом при визуальном осмотре при подвижном боковом освещении заметно повышение гладкости поверхностей, участвующих в трении.

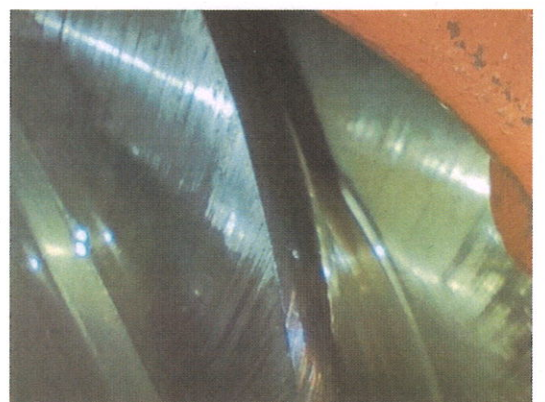
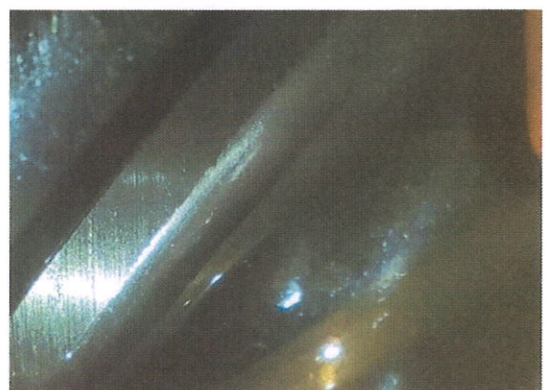
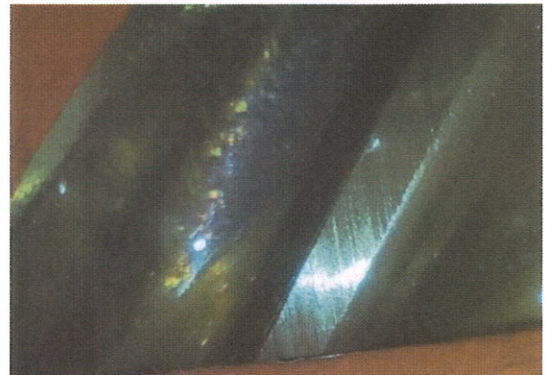
Ниже приведены фотографии в режиме макросъёмки поверхностей до и после обработки.

|      |      |          |         |      |  |       |
|------|------|----------|---------|------|--|-------|
|      |      |          |         |      |  | Лист  |
|      |      |          |         |      |  | - 9 - |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |       |

До обработки 26.11.2024



После обработки 13.12.2024



|      |      |          |         |      |  |  |  |  |  |        |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|--------|
|      |      |          |         |      |  |  |  |  |  | Лист   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |  |  |  |  | - 10 - |

## 5. РЕЗУЛЬТАТЫ СНЯТИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Показатели снимались до, во время, после обработки и также после замены масла.

### 5.1. Зазор между ведущим и ведомым ротором, величина мёртвого хода ведомого ротора

Зазор  $S_1$  и  $S_2$  между ведущим и ведомым роторами в двух разных точках.

Величина  $S_5$  и  $S_6$  кинематического мёртвого хода ведущего ротора, перпендикулярно плоскости зубьев в точке снятия, при фиксации ведомого.

Перед замерами зафиксирована температура  $t$  роторов.

#### Результаты

| ДО ОБРАБОТКИ 26.11.2024 | ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ 13.12.2024 |
|-------------------------|----------------------------|
| $S_1 = 0,08$ мм         | $S_1 = 0,04$ мм            |
| $S_2 = 0,08$ мм         | $S_2 = 0,04$ мм            |
| $S_5 = 0,09$ мм         | $S_5 = 0,04$ мм            |
| $S_6 = 0,09$ мм         | $S_6 = 0,04$ мм            |
| $t = 80,4$ °C           | $t = 74,7$ °C              |

#### Выводы

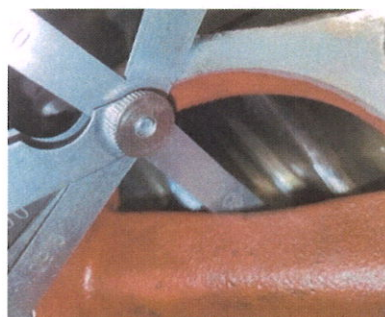
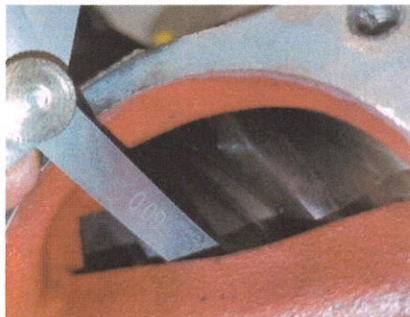
За полгода до обработки проводился капитальный ремонт компрессора, опорные подшипники были заменены и отрегулированы. Оба ротора были оставлены прежними со следами износа. Зазор при первичном замере был небольшой благодаря правильной регулировке опорных подшипников.

После второй стадии обработки зазор между роторами и дублирующая его величина кинематического мёртвого хода ведущего ротора при фиксации ведомого уменьшились на 50%, т.е. в 2 раза, с 0,08 мм до 0,04 мм, что говорит о значительной компенсации износа роторов, оптимизации зазоров, восстановлении и повышении ресурса воздушной головки. Данный результат далее в акте будет подтверждён повышением производительности воздушной головки компрессора.

#### Фотоотчет к показаниям

До обработки 26.11.2024

Зазор



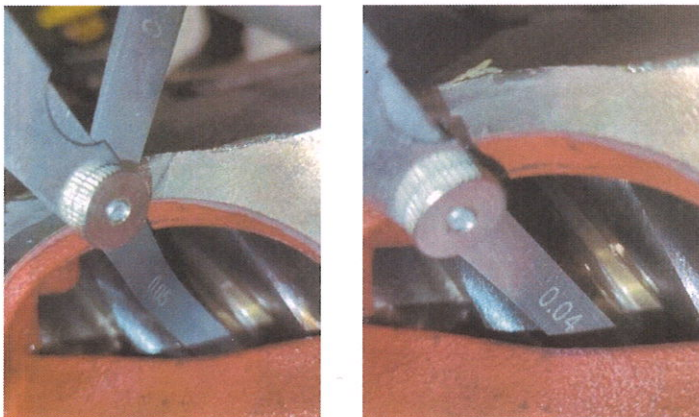
|      |      |          |         |      |  |        |
|------|------|----------|---------|------|--|--------|
|      |      |          |         |      |  | Лист   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  | - 11 - |

Кинематический мертвый ход ротора

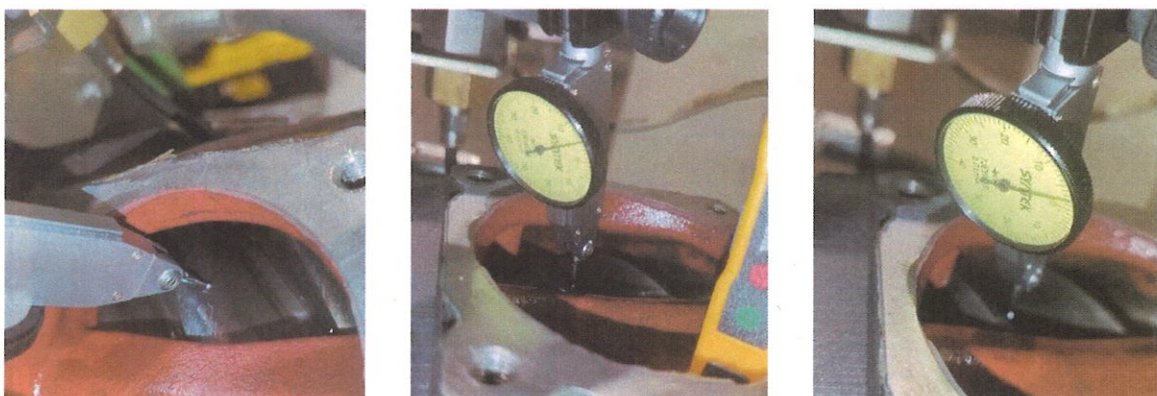


После обработки 13.12.2024

Зазор



Кинематический мертвый ход ротора



|      |      |          |         |      |  |  |  |  |  |        |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|--------|
|      |      |          |         |      |  |  |  |  |  | Лист   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |  |  |  |  | - 12 - |

## 5.2. Время заполнения полностью опустошенного резервуара

Время  $T$  заполнения полностью опустошенного резервуара фиксировалось три раза подряд при каждом снятии показателей.

Перед замерами зафиксирована температура  $t$  в верхней части воздушной головки.

На протяжении всех замеров по выписке с мобильного электроизмерительного комплекса видно, что входное напряжение  $U$  не менялось и составляет 232 В.

### Результаты

| ДО ОБРАБОТКИ  | ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ  |  |  |
|---|--|--|--|
| Первое снятие показаний до первой стадии 26.11.2024 | Второе снятие показаний через 4 смены после первой стадии обработки 11.12.2024 | Третье снятие показаний через 4 смены после второй стадии обработки 13.12.2024 | Четвёртое снятие показаний после замены масла 23.12.2024 |
| $T_1= 2м16с$  | $T_1= 2м06с$   | $T_1= 2м06с$   | $T_1= 2м00с$   |
| $T_2=2м14с$   | $T_2= 1м59с$   | $T_2= 2м01с$   | $T_2= 2м01с$   |
| $T_3= 2м14с$  | $T_3=2м01с$  | $T_3= 1м54с$   | $T_3= 1м59с$   |
| $t=82,9\text{ }^{\circ}\text{C}$                    | $t=83,7\text{ }^{\circ}\text{C}$   | $t=83,4\text{ }^{\circ}\text{C}$   | $t=78,2\text{ }^{\circ}\text{C}$                         |
| $U_1=232\text{ В}$                                  | $U_1=232\text{ В}$   | $U_1=232\text{ В}$   | $U_1=232\text{ В}$                                       |
| $U_2=232\text{ В}$                                  | $U_2=232\text{ В}$   | $U_2=232\text{ В}$   | $U_2=232\text{ В}$                                       |
| $U_3=232\text{ В}$                                  | $U_3=232\text{ В}$   | $U_3= 232\text{ В}$  | $U_3=232\text{ В}$                                       |

### Выводы

Время заполнения опустошенного резервуара под нагрузкой снизилось в среднем с 135 сек. до 123 сек. после первой стадии обработки и до 121 сек. после второй стадии, что в среднем на 13 сек. меньше.

После замены масла среднее время заполнения резервуара снизилось на 11% и составило 120 сек., что доказывает сохранение эффекта от обработки не зависимо от замены смазочных материалов.

Одинаковое входное напряжение и одинаковая (влияние в пределах погрешности) температура воздушной головки говорит об отсутствии влияния изменения внешних факторов на проведение замеров.

При проведении замеров времени заполнения велась видеосъёмка с фиксацией в начале записи отсутствия давления в резервуаре.

|      |      |          |         |      |  |  |  |  |  |        |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|--------|
|      |      |          |         |      |  |  |  |  |  | Лист   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |  |  |  |  | - 13 - |



### 5.3. Температура и влажность окружающей среды

Температура  $t$  окружающей среды, влажность  $\varphi$

#### Результаты

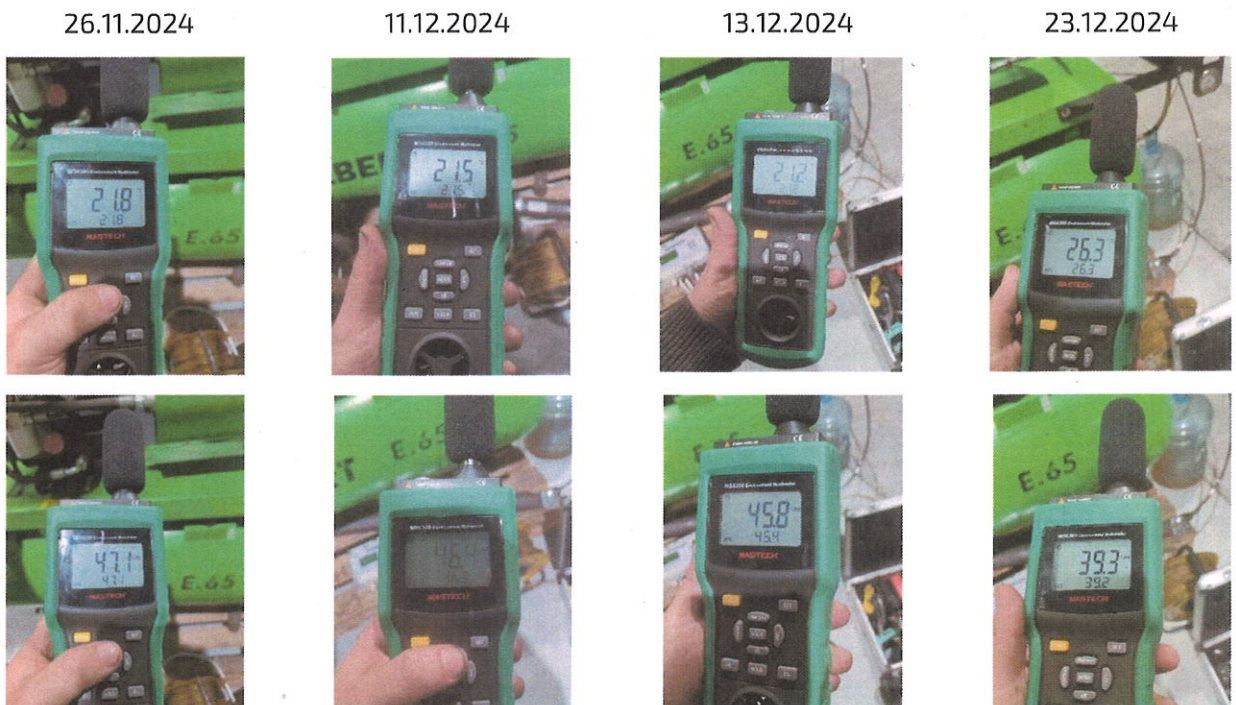
| ДО ОБРАБОТКИ  | ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ  |  |  |
|---|--|--|--|
| Первое снятие показаний до первой стадии 26.11.2024 | Второе снятие показаний через 4 смены после первой стадии обработки 11.12.2024 | Третье снятие показаний через 4 смены после второй стадии обработки 13.12.2024 | Четвёртое снятие показаний после замены масла 23.12.2024 |
| $t=21,8\text{ }^{\circ}\text{C}$                    | $t=21,5\text{ }^{\circ}\text{C}$   | $t=21,2\text{ }^{\circ}\text{C}$   | $t=26,3\text{ }^{\circ}\text{C}$                         |
| $\varphi=47,1\%$                                    | $\varphi=46,4\%$   | $\varphi=45,8\%$   | $\varphi=39,3\%$   |

#### Выводы

Для обеспечения максимально схожих условий проведения фиксации показателей выбиралось примерно одинаковое время суток.

При снятии показателей в помещении зафиксирован незначительный разброс температуры и влажности за исключением повышения температуры на  $5^{\circ}\text{C}$  и снижения влажности на  $6,5\%$  при замерах после замены масла, что позволяет говорить об отсутствии их влияния на правильность получаемых результатов.

#### Фотоотчет к показаниям



#### 5.4. Активная мощность по фазам при работе с полностью открытым выходом

Активная мощность на входе на каждой из фаз, напряжения на входах, значения полной мощности и величина тока по каждой из фаз снимались с мобильного электроизмерительного модуля. Данные предоставлялись заместителем главного энергетика в виде файла выписки в формате .xlsx, из которого брались данные на 4 интервала времени, указанных в Протоколе в п. 4 таблицы результатов измерений, а точнее взято время в середине интервала и взята 1 строка до этого времени и 1 строка после.

Активная мощность по фазам при работе с полностью открытым выходом фиксировалась 09.12.2024 в 14:33 до обработки, 11.12.2024 в 14:03 после первой стадии обработки, 13.12.2024 в 13:59 после второй стадии обработки, 23.12.2024 в 14:36 и ближайшие данные до и после замера.

Режим работы компрессора с полностью открытым выходом в атмосферу позволяет косвенно определить снижение затрат на трение в воздушной головке компрессора.

#### Результаты

Данные взяты из исходной таблицы за период с 7.12.2024 00:00:00 по 23.12.2024 14:28:53

Устройство: Мобильный электроизмерительный модуль

| Дата/<br>время         | Значение активной мощности на входе |              |              | Значение напряжения на входе |              |              | Значение полной мощности на входе |              |              | Значение тока на входе |              |              |
|------------------------|-------------------------------------|--------------|--------------|------------------------------|--------------|--------------|-----------------------------------|--------------|--------------|------------------------|--------------|--------------|
|                        | A<br>(In.P1)                        | B<br>(In.P2) | C<br>(In.P3) | A<br>(In.u1)                 | B<br>(In.u2) | C<br>(In.u3) | A<br>(In.S1)                      | B<br>(In.S2) | C<br>(In.S3) | A<br>(In.i1)           | B<br>(In.i2) | C<br>(In.i3) |
| ***                    |                                     |              |              |                              |              |              |                                   |              |              |                        |              |              |
| 09-12-2024<br>14:31:27 | 2.140                               | 2.151        | 2.305        | 232                          | 232          | 232          | 3.026                             | 3.037        | 3.192        | 13                     | 13           | 14           |
| 09-12-2024<br>14:33:13 | 2.207                               | 2.269        | 2.288        | 232                          | 232          | 231          | 3.074                             | 3.054        | 3.235        | 13                     | 13           | 14           |
| 09-12-2024<br>14:35:04 | 2.326                               | 2.353        | 2.436        | 233                          | 232          | 232          | 3.152                             | 3.177        | 3.369        | 14                     | 14           | 15           |
| ***                    |                                     |              |              |                              |              |              |                                   |              |              |                        |              |              |
| 11-12-2024<br>14:02:29 | 1.702                               | 1.739        | 1.857        | 232                          | 232          | 232          | 2.681                             | 2.694        | 2.935        | 12                     | 12           | 13           |
| 11-12-2024<br>14:03:46 | 1.695                               | 1.744        | 1.825        | 232                          | 232          | 232          | 2.679                             | 2.709        | 2.890        | 12                     | 12           | 13           |
| 11-12-2024<br>14:05:05 | 1.701                               | 1.744        | 1.863        | 232                          | 232          | 232          | 2.678                             | 2.695        | 2.921        | 12                     | 12           | 13           |
| ***                    |                                     |              |              |                              |              |              |                                   |              |              |                        |              |              |
| 13-12-2024<br>13:59:09 | 1.703                               | 1.764        | 1.860        | 231                          | 232          | 232          | 2.679                             | 2.716        | 2.922        | 12                     | 12           | 13           |
| 13-12-2024<br>13:59:47 | 1.727                               | 1.762        | 1.898        | 232                          | 232          | 232          | 2.697                             | 2.690        | 2.971        | 12                     | 12           | 13           |
| 13-12-2024<br>14:01:03 | 1.715                               | 1.769        | 1.886        | 232                          | 232          | 232          | 2.702                             | 2.705        | 2.954        | 12                     | 12           | 13           |
| ***                    |                                     |              |              |                              |              |              |                                   |              |              |                        |              |              |
| 23-12-2024<br>14:35:39 | 1.677                               | 1.706        | 1.879        | 232                          | 232          | 232          | 2.667                             | 2.722        | 2.939        | 11                     | 12           | 13           |
| 23-12-2024<br>14:36:55 | 1.670                               | 1.691        | 1.881        | 232                          | 232          | 232          | 2.656                             | 2.703        | 2.951        | 12                     | 12           | 13           |
| 23-12-2024<br>14:38:11 | 1.654                               | 1.702        | 1.885        | 232                          | 232          | 232          | 2.643                             | 2.712        | 2.960        | 12                     | 12           | 13           |
| ***                    |                                     |              |              |                              |              |              |                                   |              |              |                        |              |              |

## Выводы

Сильное округление мобильным электроизмерительным модулем до целых чисел величины потребляемого тока не позволяет рассматривать этот ток для расчёта эффективности, поэтому для анализа взята активная мощность, точность сохраненных данных по которой на 2 порядка выше.

Для анализа энергопотребления взята активная мощность, изменение которой позволяет оценить выписка с базы мобильного электроизмерительного модуля на точное время замера, указанное на экране вычислителя в верхнем левом углу, для усреднения так же берется строка с данными на время за минуту и через минуту после времени замера.

Потребляемая активная мощность, средняя по всем 3 фазам и на 3 временных точках до обработки составляла 2 275 Вт и после первой стадии обработки составила 1 763 Вт, после второй стадии составила 1 787 Вт, после замены масла 1 749 Вт. После первой стадии зафиксировано снижение потребляемой активной мощности на 22%, после второй стадии результат закрепился на уровне 21%, после замены масла снижение составило 23% относительно значений до обработки.

Снижение активной мощности при одинаковом входном напряжении на каждом этапе замеров говорит о повышении энергоэффективности компрессора (КПД) как после проведения первой стадии обработки, так и после второй, а также о её сохранении после замены масла. Данный результат является следствием значительного повышения антифрикционных свойств модифицированных поверхностей трения, повышения их олеофильности, а также сглаживания повреждённых поверхностей роторов.

Так как при работе компрессора помимо головки в потреблении электроэнергии участвует электродвигатель, имеющий свой КПД, то снижение затрат на трение только в обработанной воздушной головке компрессора больше выявленных общих 23%.

Наблюдаемый результат обусловлен высокой эффективностью технологии Револомод при использовании на сильно изношенном оборудовании.

|      |      |          |         |      |  |        |
|------|------|----------|---------|------|--|--------|
|      |      |          |         |      |  | Лист   |
|      |      |          |         |      |  | - 17 - |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |        |

### 5.5. Полная мощность по фазам при постоянной работе и объём сжатого компрессором воздуха за сутки, анализ данных с мобильного электроизмерительного комплекса

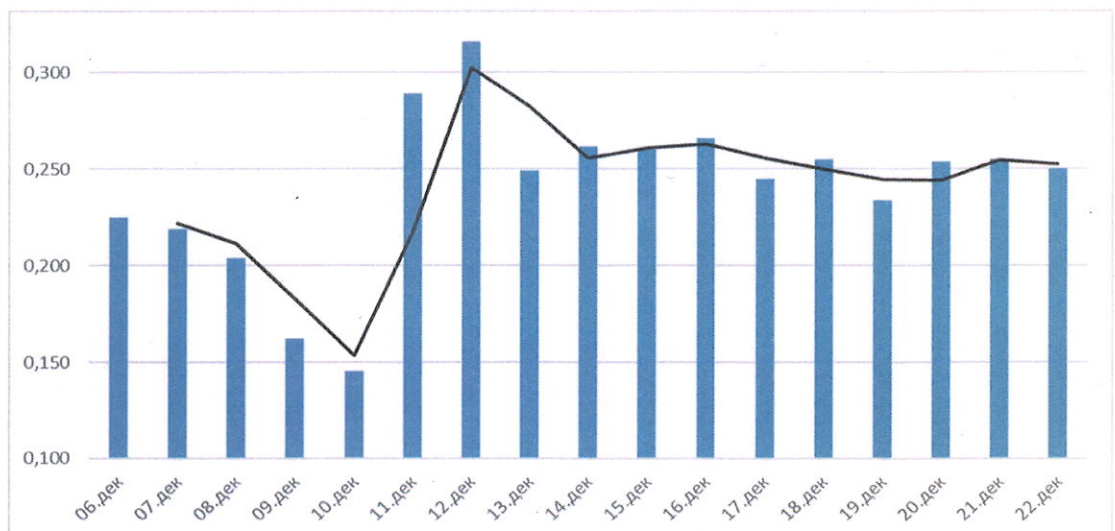
Полная мощность по трём фазам, ток и напряжение при работе компрессора фиксировалось мобильным электроизмерительным комплексом, установленным сотрудниками АО «ПТЗ», данные предоставлялись заместителем главного энергетика в виде файла выписки в формате .xlsx на весь временной интервал проведения работ с 26.11.2024 по 23.12.2024

Объём прокачанного воздуха V за сутки снимался с экрана вычислителя-регистратора показаний расходомера.

#### Показания расходомера с вычислителя-регистратора за сутки:

| Даты                            | 06.дек       | 07.дек | 08.дек | 09.дек                        | 10.дек                        | 11.дек | 12.дек | 13.дек | 14.дек | 15.дек | 16.дек | 17.дек | 18.дек             | 19.дек | 20.дек | 21.дек | 22.дек |
|---------------------------------|--------------|--------|--------|-------------------------------|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------|--------|--------|--------|--------|
| Этапы работ                     | До обработки |        |        | После первой стадии обработки | После второй стадии обработки |        |        |        |        |        |        |        | После замены масла |        |        |        |        |
| Объём воздуха за сутки, мЗ*1000 | 0,225        | 0,219  | 0,204  | 0,162                         | 0,145                         | 0,289  | 0,316  | 0,249  | 0,262  | 0,260  | 0,266  | 0,245  | 0,255              | 0,234  | 0,254  | 0,255  | 0,250  |

#### Диаграмма показателей расходомера с вычислителя-регистратора за сутки:

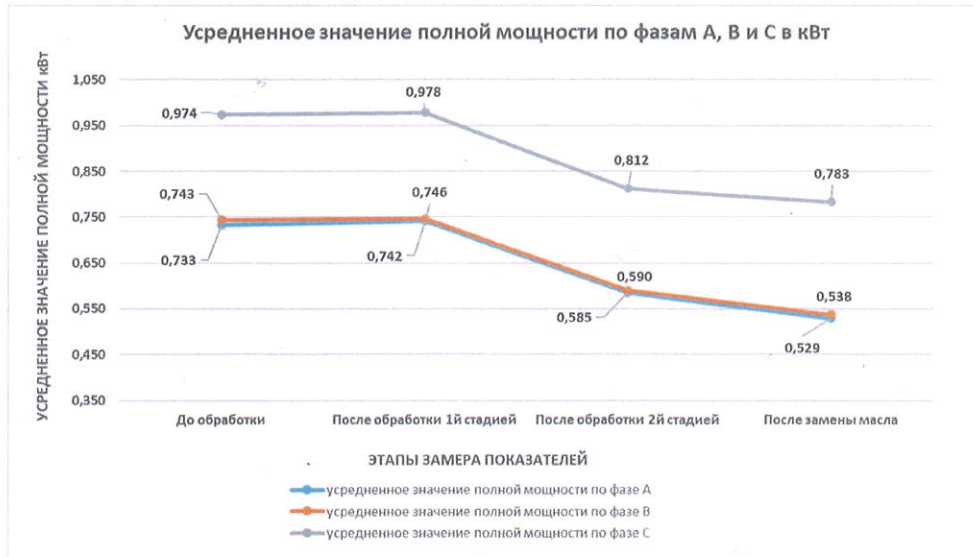


Провал 9 и 10 декабря связан с временным снижением производительности на первой стадии в процессе приработки МВПТ и остановками компрессора для обработки.

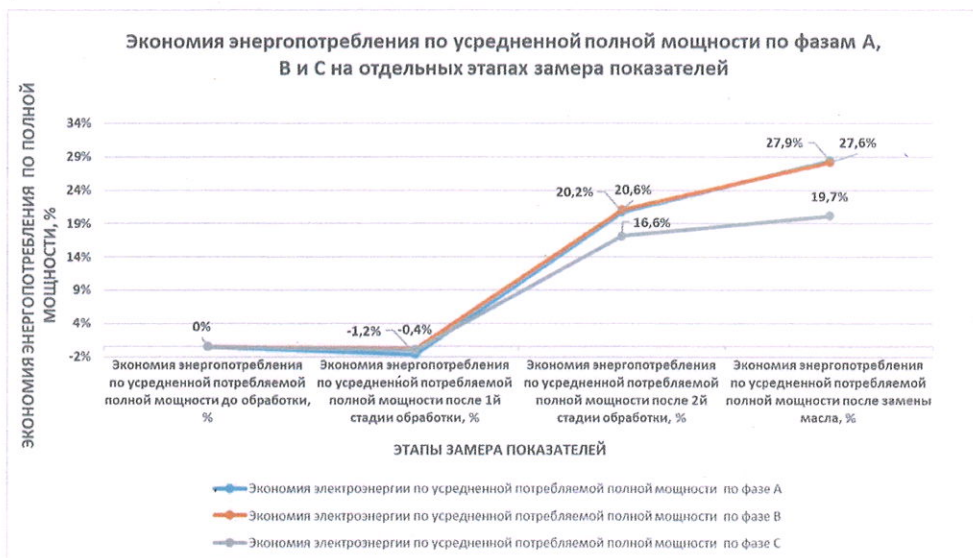
|      |      |          |         |      |  |        |
|------|------|----------|---------|------|--|--------|
|      |      |          |         |      |  | Лист   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  | - 18 - |



### Диаграмма усредненных значений полной мощности по фазам:



### Диаграмма экономии энергопотребления по усредненной полной мощности по фазам:



Повышение экономии энергопотребления после замены масла связано с дополнительным эффектом к обработке от замены воздушного фильтра и масла. Замена масла и воздушного фильтра усилили эффект обработки.

## Выводы

На диаграммах наблюдается общее снижение потребляемой мощности с одновременным повышением производительности воздушной головки компрессора.

По фазе А снижение среднего значения полной мощности с 733 Вт до 529 Вт составило 27,9%, по фазе В снижение среднего значения полной мощности с 743 Вт до 538 Вт составило 27,6%, по фазе С снижение среднего значения полной мощности с 974 Вт до 783 Вт составило 19,7%. При этом средний объём сжатого воздуха вырос с 216 м<sup>3</sup> до 261 м<sup>3</sup>, что составляет прирост в 15,0%. Это указывает на повышение производительности компрессора под нагрузкой при одновременном снижении энергопотребления.

Так же на графиках заметно кратковременное повышение энергопотребления при снижении производительности во время первой стадии обработки, что связано со поглощением энергии при прохождении процессов восстановления и модификации поверхностей трения. Иными словами, на данном этапе наблюдался процесс приработки эффективного материала.

## Фотоотчет к показаниям

03 - 09.12.2024

10 - 16.12.2024

17 - 22.12.2024



|      |      |          |         |      |  |        |
|------|------|----------|---------|------|--|--------|
|      |      |          |         |      |  | Лист   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  | - 27 - |

### 5.6. Производительность компрессора при полностью открытом выходе

Поток воздуха  $Q$  на прогретом компрессоре с полностью открытым выходом в атмосферу с предварительно опустошенным резервуаром показывает изменение производительности воздушной головки в режиме без нагрузки. В сочетании с данными потребляемой активной мощности на то же время из п. 5.4 показывает изменение удельной производительности.

Показания фиксировались при температуре  $t$  на воздушной головке, после предварительной долгой работы компрессора.

#### Результаты

| ДО ОБРАБОТКИ   | ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ  |  |  |
|--|--|--|--|
| Первое снятие показаний до первой стадии 09.12.2024              | Второе снятие показаний через 4 смены после первой стадии обработки 11.12.2024 | Третье снятие показаний через 4 смены после второй стадии обработки 13.12.2024 | Четвёртое снятие показаний после замены масла 23.12.2024           |
| $Q=9,083$ м <sup>3</sup> /ч<br>09.12.2024 в 14:36<br>$t=80,9$ °C | $Q=15,787$ м <sup>3</sup> /ч<br>11.12.2024 в 14:03<br>$t=81,8$ °C              | $Q=17,193$ м <sup>3</sup> /ч<br>13.12.2024 в 13:59<br>$t=79,2$ °C              | $Q=19,1693$ м <sup>3</sup> /ч<br>23.12.2024 в 14:36<br>$t=78,0$ °C |

#### Выводы

Рост объёма прокачиваемого воздуха при открытом выходе на 74% с 9,083 м<sup>3</sup>/ч до 15,787 м<sup>3</sup>/ч после первой стадии обработки (стадии восстановления) и на 89% до 17,192 м<sup>3</sup>/ч после второй стадии обработки (стадии упрочнения и закрепления) является следствием снижения зазоров в 2 раза ведущего и ведомого роторов и корпуса, и является прямым показателем роста производительности компрессора на малых нагрузках. После замены масла компрессора при полностью открытом выходе зафиксирован рост на 111,04% с 9,083 м<sup>3</sup>/ч до 19,169 м<sup>3</sup>/ч.

Потребляемая активная мощность, средняя по всем 3 фазам и на 3 временных точках (из п 5.4) до обработки составляла 2 275 Вт при производительности 9,083 м<sup>3</sup>/ч и после первой стадии обработки составила 1 763 Вт при производительности 15,787 м<sup>3</sup>/ч, после второй стадии составила 1 787 Вт при производительности 17,192 м<sup>3</sup>/ч. Соответственно рост удельной производительности воздушной головки компрессора при открытом выходе составил 124% с 3,993 м<sup>3</sup>/кВт\*ч до 8,954 м<sup>3</sup>/кВт\*ч после первой стадии восстановления и 140% до 9,621 м<sup>3</sup>/кВт\*ч после второй стадии упрочнения и закрепления. После замены масла наблюдался рост объёма прокачиваемого воздуха без нагрузки, что связано с восстановлением вязкости масла после замены.

Результаты обусловлены сильным износом поверхностей роторов и их восстановлением и модифицированием в процессе обработки. Данные показатели эффективности стали возможными благодаря первичному осмотру поверхностей роторов и выбору из-за сильного износа для обработки «Комплекса МВПТ Револомод для компрессорного

|      |      |          |         |      |  |        |
|------|------|----------|---------|------|--|--------|
|      |      |          |         |      |  | Лист   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  | - 22 - |



### 5.7. Виброскорость, виброперемещение и виброускорение

Продольное перемещение  $S$  (мм), виброускорение  $a$  (см/с<sup>2</sup>) и виброскорость  $V$  (мм/с) фиксировались на прогретом компрессоре с полностью открытым выходом в атмосферу в фиксированной точке.

#### Результаты

| ДО ОБРАБОТКИ  | ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ  |  |  |
|---|--|--|--|
| Первое снятие показаний до первой стадии 26.11.2024       | Второе снятие показаний через 4 смены после первой стадии обработки 11.12.2024 | Третье снятие показаний через 4 смены после второй стадии обработки 13.12.2024 | Четвёртое снятие показаний после замены масла 23.12.2024 |
| $S=0,022$ мм<br>$a=4,1$ м/с <sup>2</sup><br>$V= 2,6$ мм/с | $S=0,012$ мм<br>$a= 4,8$ м/с <sup>2</sup><br>$V= 1,2$ мм/с                     | $S=0,013$ мм<br>$a=5,9$ м/с <sup>2</sup><br>$V= 1,2$ мм/с                      | $S=0,012$ мм<br>$a=4,7$ м/с <sup>2</sup><br>$V=1,1$ мм/с |

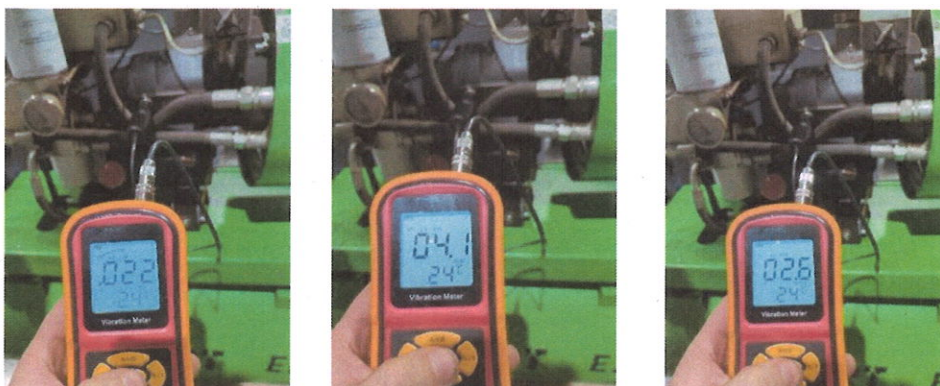
#### Выводы

Снижение виброскорости на 57,6% с 2,6 мм/с до 1,1 мм/с и виброперемещения на 45,4% с 0,022 мм до 0,012 мм говорит о компенсации износа, о прохождении при обработке процессов самобалансировки вращающихся деталей, значительном повышении ресурса в будущем. Дополнительное снижение показателей виброметрии после замены масла подтверждает завершение процессов идеализации формы поверхностей трения с их упрочнением в течение 3 суток после второй стадии обработки и доказывает сохранение эффекта от обработки при замене смазочных материалов.

Повышение виброускорения при одновременном снижении амплитуды виброперемещений и снижении виброскорости говорит о повышении микротвёрдости поверхностей трения и повышении частот вибраций и их гармоник, возврат этого показателя к низкому значению при четвёртом замере означает окончание процессов обработки - идеализации формы и упрочнения поверхностей трения, что так же указывает на повышение ресурса воздушной головки в будущем.

#### Фотоотчет к показаниям

До обработки 26.11.2024



|      |      |          |         |      |  |        |
|------|------|----------|---------|------|--|--------|
|      |      |          |         |      |  | Лист   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  | - 24 - |



### 5.8. Уровень шума в помещении и при работе компрессора

Уровень шума фиксировался на прогретом компрессоре с полностью открытым выходом в атмосферу в фиксированной точке, а также фиксировался уровень посторонних шумов в помещении.

#### Результаты

| ДО ОБРАБОТКИ   | ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ  |  |  |
|--|--|--|--|
| Первое снятие показаний до первой стадии 26.11.2024  | Второе снятие показаний через 4 смены после первой стадии обработки 11.12.2024 | Третье снятие показаний через 4 смены после второй стадии обработки 13.12.2024 | Четвёртое снятие показаний после замены масла 23.12.2024 |
| Шум<br>- при работе 96,9 дБ<br>- в помещении 64,7 дБ | Шум<br>- при работе 96,1 дБ<br>- в помещении 68,8 дБ                           | Шум<br>- при работе 96,4 дБ<br>- в помещении 63,9 дБ                           | Шум<br>- при работе 96,3 дБ<br>- в помещении 71,2 дБ     |

#### Выводы

Снижение шума с 96,9 дБ до 96,3 дБ составляет -0,6 дБ. Снижение шумовых характеристик незначительно, но необходимо учитывать повышение фонового шума в помещении с 64,7 дБ до 71,2 дБ, то есть на 6,5 дБ. Ввиду постоянной работы оборудования в цеху на протяжении долгого времени, провести замеры при уровне фонового шума, близкого к начальному, не представилось возможным.

#### Фотоотчет к показаниям

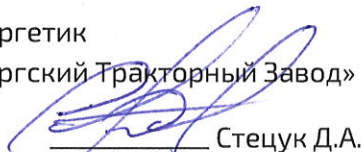


## 6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ИТОГАМ ОБРАБОТКИ

- 6.1. Зазор между ведущим и ведомым ротором уменьшились на 50%, с 0,08 мм до 0,04 мм, включая дублирующую его величину кинематического мёртвого хода ведомого ротора при фиксации ведущего.
- 6.2. Производительность компрессора без нагрузки выросла на 111,04% с 9,083 м<sup>3</sup>/ч до 19,169 м<sup>3</sup>/ч.
- 6.3. Производительность компрессора под нагрузкой выросла на 11%. Время заполнения резервуара снизилось в среднем на 15 сек. со 135 сек. до 120 сек.
- 6.4. Средний объём сжатого воздуха за сутки под нагрузкой вырос на 15% с 216 м<sup>3</sup> до 261 м<sup>3</sup>.
- 6.5. Потребляемая полная мощность под нагрузкой компрессора при постоянной работе снизилась за сутки в среднем на 25,1% после замены масла:
- 6.5.1. по фазе А снижение усреднённого значения полной мощности с 733 Вт до 529 Вт составило 27,9%,
- 6.5.2. по фазе В снижение усреднённого значения полной мощности с 743 Вт до 538 Вт составило 27,6%,
- 6.5.3. по фазе С снижение усреднённого значения полной мощности с 974 Вт до 783 Вт составило 19,7%,
- 6.6. Потребляемая активная мощность без нагрузки снизилась на 23,1%. До обработки составляла 2 275 Вт и после обработки 1 749 Вт.
- 6.7. Повышение ресурса путем снижения виброскорости на 57,6% с 2,6 мм/с до 1,1 мм/с и виброперемещения на 45,4% с 0,022 мм до 0,012 мм из-за компенсации износа и самобалансировки вращающихся деталей.
- 6.8. Снижение механических потерь на трение снизило температуру воздушной головки с 80,9°С до 78°С при постоянной работе компрессора.
- 6.9. Замена масла показала, что эффективность обработки сохраняется независимо от смены масла.

Необходимо отметить, что наблюдаемые результаты выше среднестатистических и обусловлены сильным износом поверхностей роторов перед обработкой и их последующим восстановлением и модифицированием в процессе обработки.

Главный энергетик  
\* АО «Петербургский Тракторный Завод»

  
Стецук Д.А.

Главный инженер  
ООО «Револмод»

  
Сушков Е.О.

\* Требуется доп. анализ  
показаний + наработка 1не  
менее 1 месяца  
Провести доп. статистические  
«24» 01, 2025 г.

«24» 01 2025 г.

|      |      |          |         |      |  |        |
|------|------|----------|---------|------|--|--------|
|      |      |          |         |      |  | Лист   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  | - 27 - |