

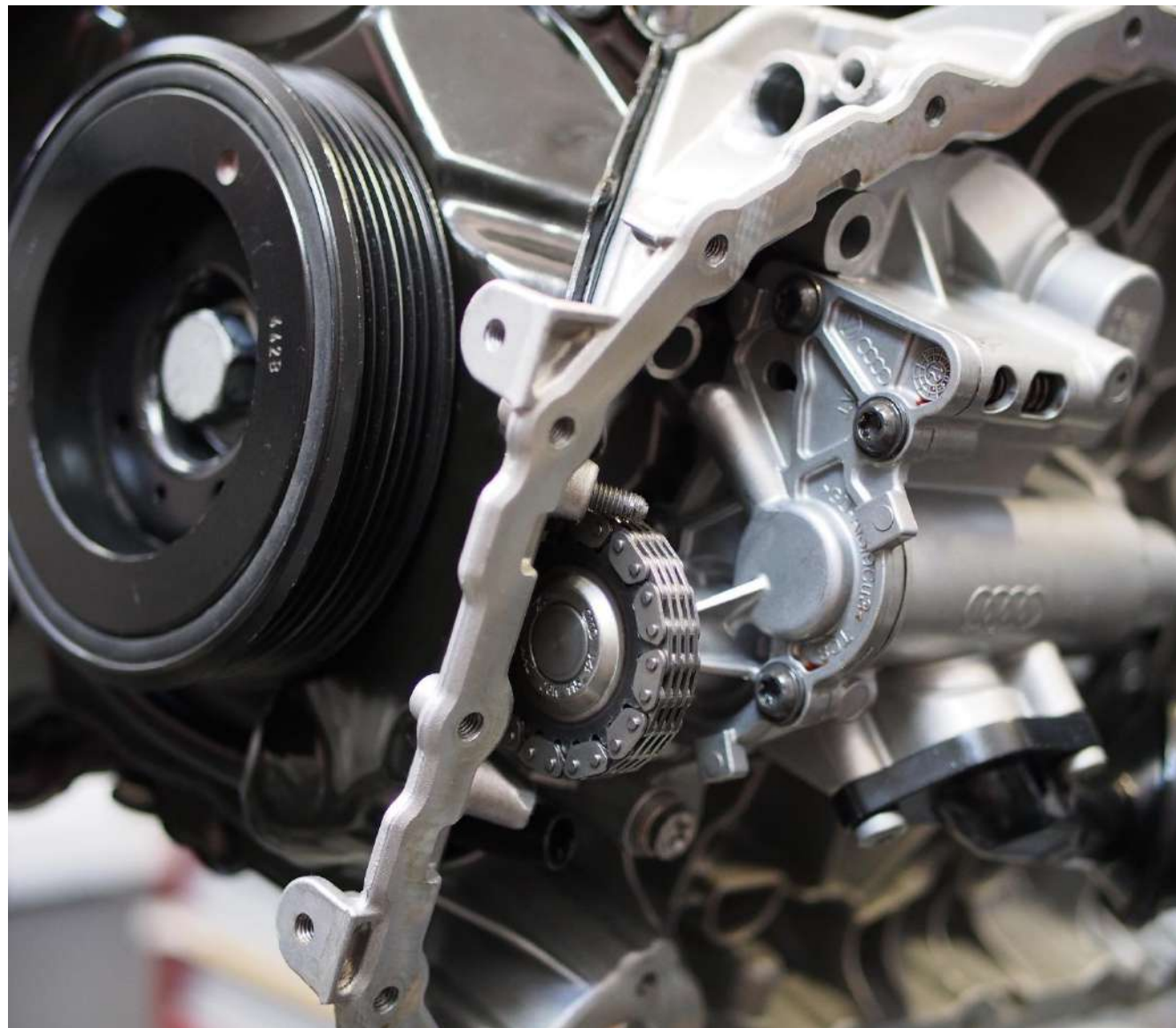
Прокачиваемость моторного масла в современном двигателе

7th Annual conference CIS BASE OILS AND
LUBRICANTS 21-23 May Moscow

Д. Шахворостов

Р. Гомес, Т. Бартельс, К. Майстер, Д. Миллс, М. Зеemann, Д.
Сущик
Эвоник, г. Дармштадт, Германия; г. Хоршэм, США

Г. Русс
Технический Университет г. Дармштадт



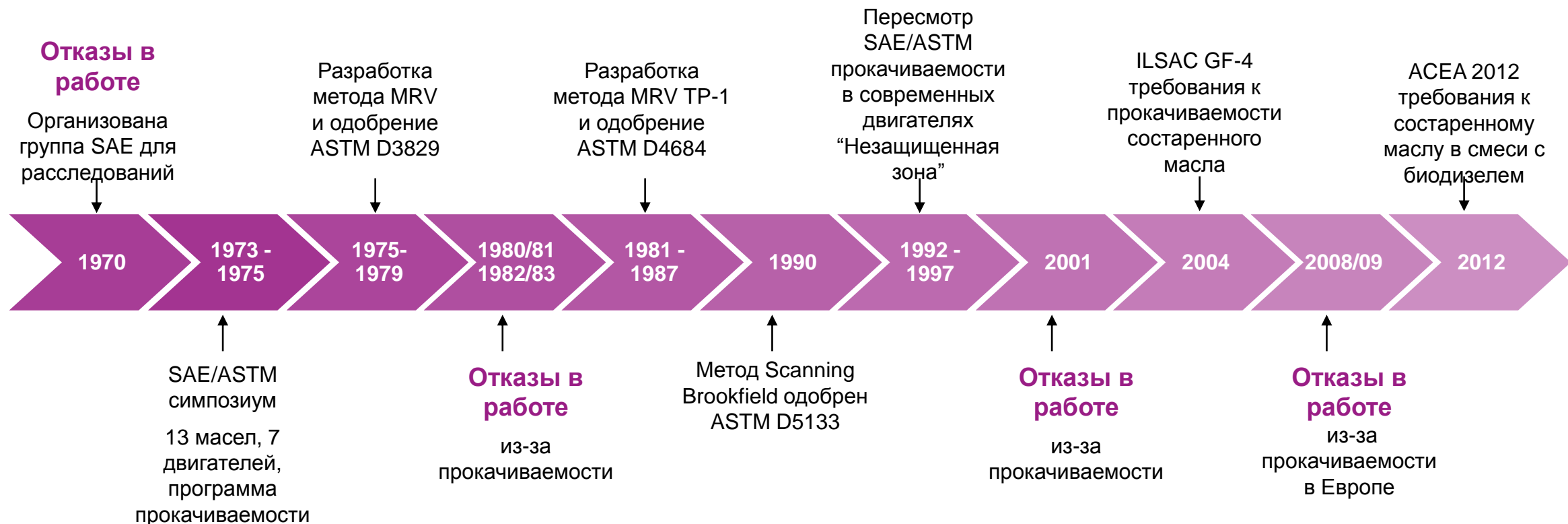
Благодарность

- Hochschule Darmstadt – Университет прикладных исследований
 - Штефан Гюттлер
- Audi AG
- Команда Эвоник Хоршам(США)
 - Томас Макгрегор
 - Джен-Лунг Вонг
 - Эйден Роуз

Содержание

1. История вопроса
2. Цель исследования
3. Программа тестов
 - Особенности двигателя и системы смазки
 - Протокол теста
 - Тестовые масла
4. Видео
5. Анализ данных
6. Заключение

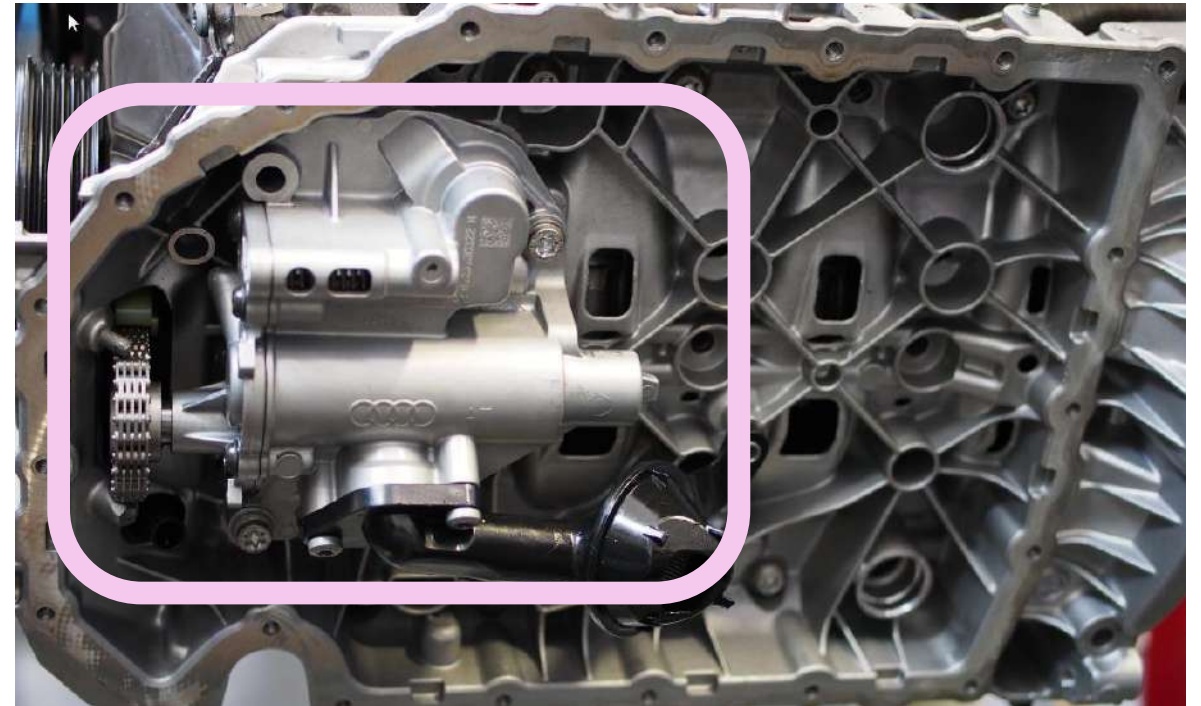
История низкотемпературной прокачиваемости: с 1970 до сегодня



Отказы в работе подчеркивают важность обеспечения низкотемпературной прокачиваемости

Низкотемпературная прокачиваемость

- Почему прокачиваемость важна?
 - История отказов
 - Когда двигатель запускают, **масло должно течь!**
- Что препятствует течению?
 - Высокая вязкость – медленное течение
 - Гелеобразование – захват пузырьков воздуха

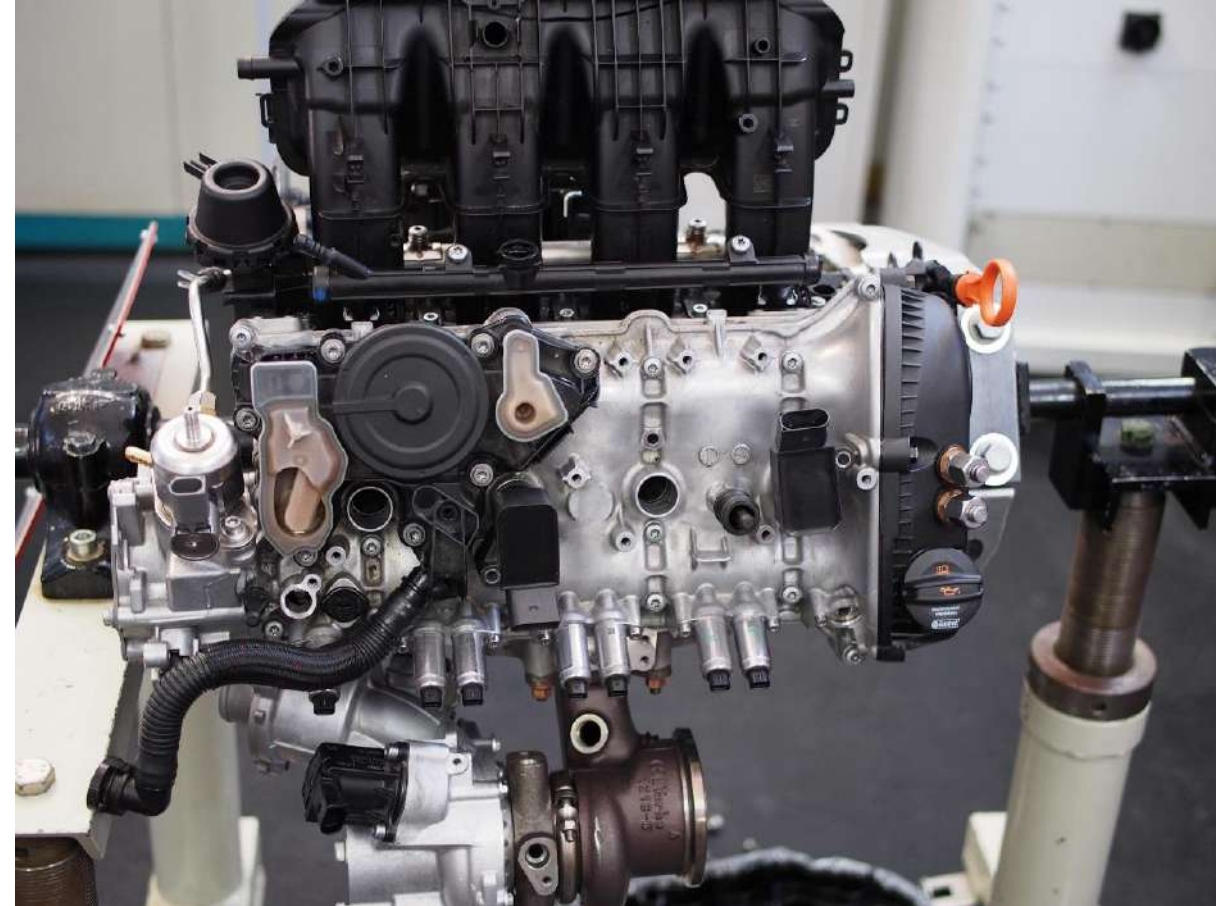


Цель исследования

- Показать, что прокачиваемость масла при низких температурах все еще важный вопрос в современных двигателях
- Подтвердить:
 - Вязкость влияет на скорость течения масла и смазывание критических частей двигателя
 - Прокачиваемость масла хорошо прогнозируется методом MRV TP-1
 - Температура потери текучести не полностью описывает поведение масла при низких температурах
- Дать рекомендации для производителей смазок для создания следующих поколений моторных масел

Спецификации двигателя – Audi 1.8 TFSI

- Прямой впрыск
- Турбонаддув
- 4 цилиндра
- 1.8л двигатель
- Жидкостное охлаждение
- бензин
- 158 л.с. (118 кВт) @ 6200 об/мин
- 184 ft-lb (250 Нм) @ 1500 – 4200 об/мин
- **Современная технология двигателей**



Масляный контур Audi EA888

- **При выключенном двигателе**

- Все масло стекает в картер
- Масляная система включая фильтр пустая

- **Обратный клапан**

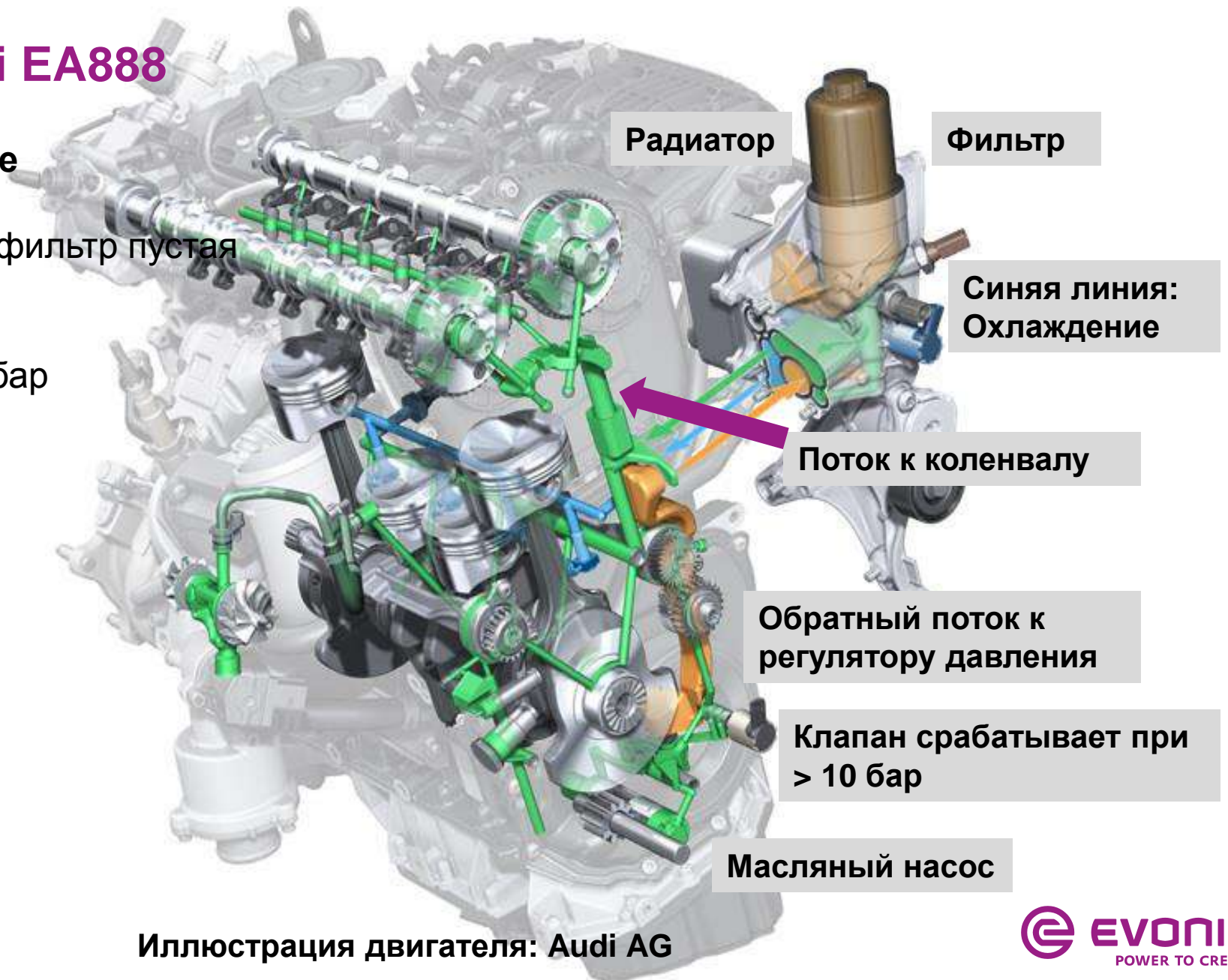
- Клапан открывается при 10 бар
- Масло стекает в картер

- **Масляный насос**

- Саморегулируемый
- Механо-гидравлический

- **Пределы давления**

- $< 40^{\circ}\text{C}$: 4,5 бар
- $> 40^{\circ}\text{C}$: 2,6 бар



Сенсоры

P0X = сенсор давления

T0X = термopapa

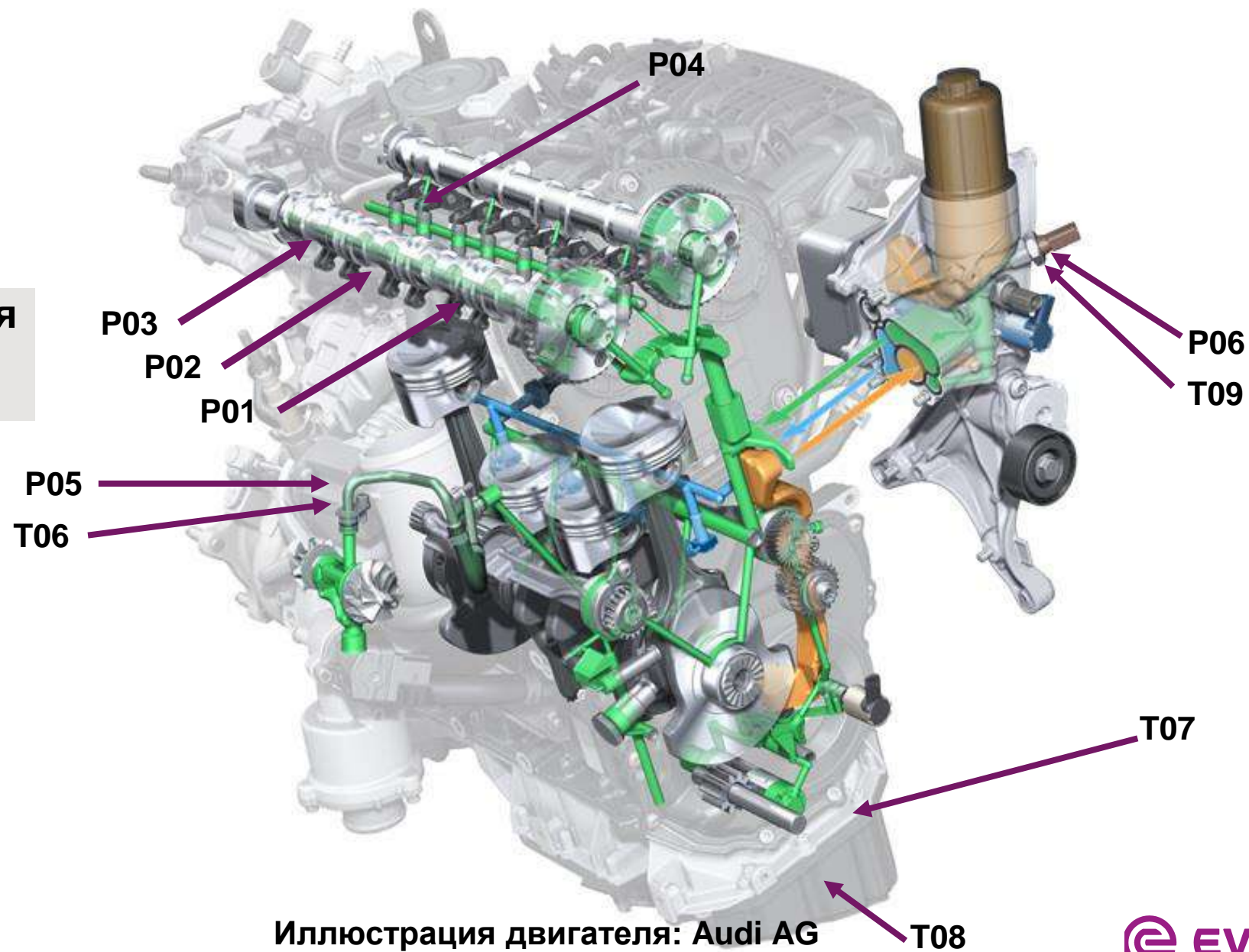


Иллюстрация двигателя: Audi AG

Климатическая камера, двигатель и оснастка



Появление масляной пленки на подшипниках распревала



До запуска двигателя

- Масляная пленка не видна



Видимая пленка масла

После запуска двигателя

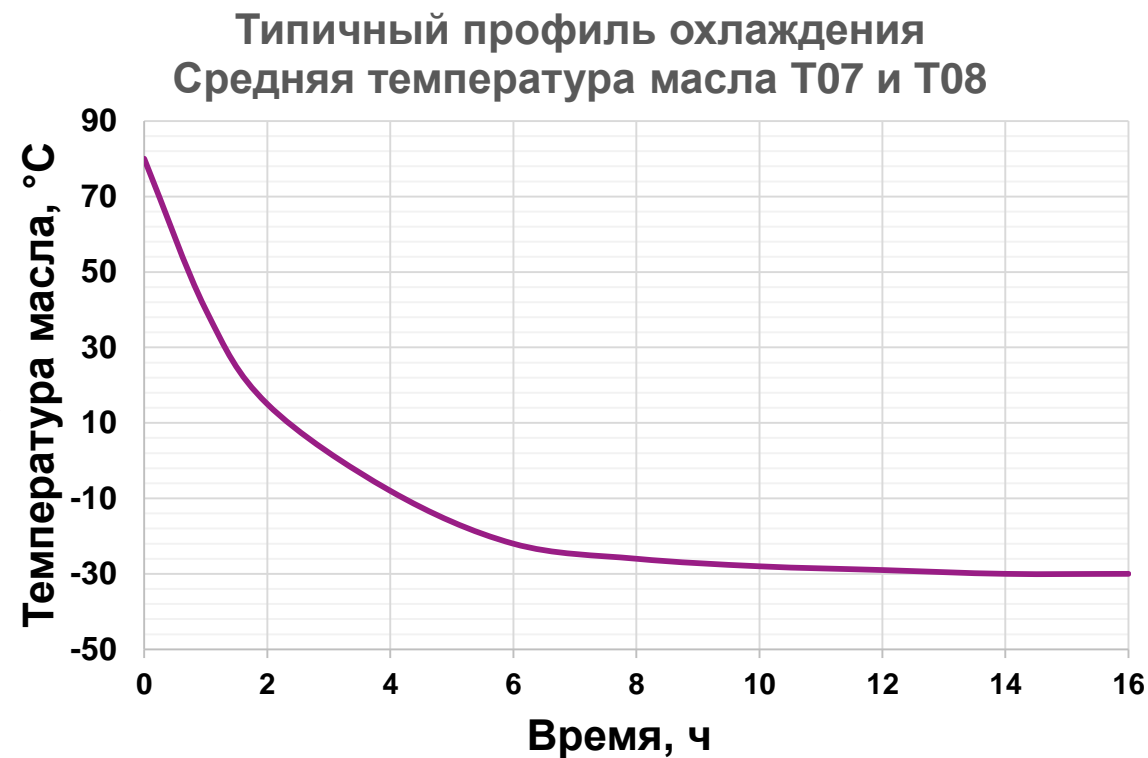
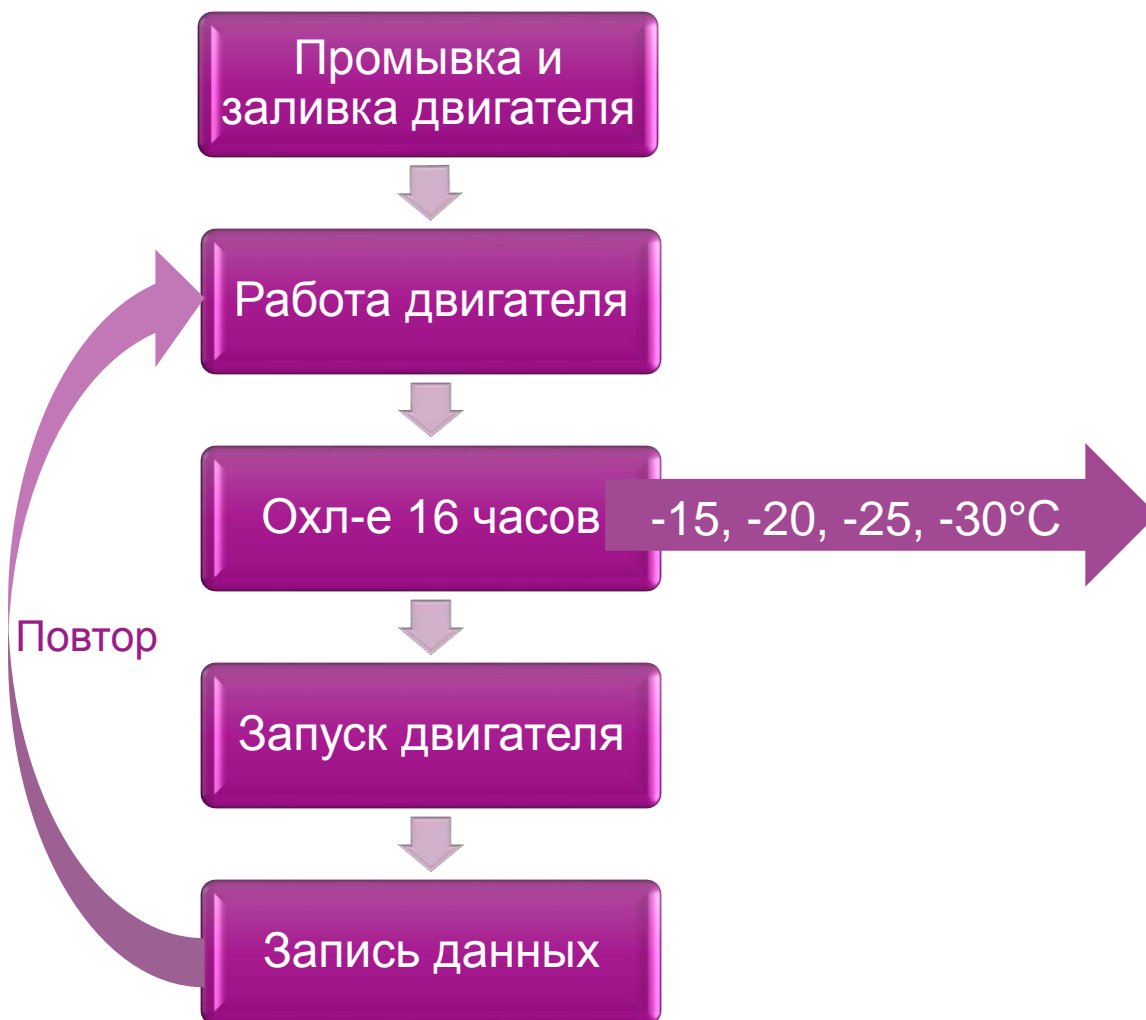
- Появление видимой пленки масла

Тестируемые масла: Одинаковая база гр II, пакет GF-5 и тип загустителя

			Масло	Эталон	В	С	Д	Е
	Ттек.	°C	ASTM D97	-36	-36	-27	-27	-18
-25°C MRV TP-1	Вязкость	мПа·с	ASTM D4684	<5000	11100	10300	14100	26400
	Предел текучести	Па		<35	<70	<35	<70	<210
-30°C MRV TP-1	Вязкость	мПа·с	ASTM D4684	8700	17400	21800	37300	СВДИ (*)
	Предел текучести	Па		<35	<70	<35	<105	

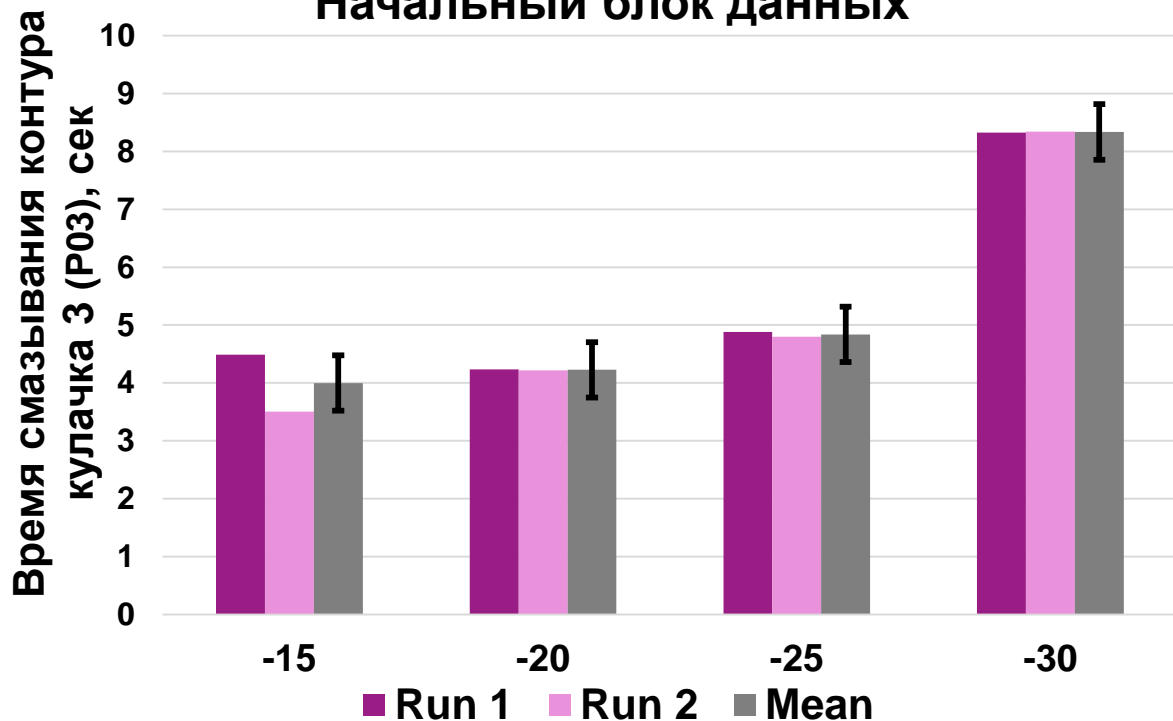
(*) СВДИ – Слишком вязкое для измерений

Протокол



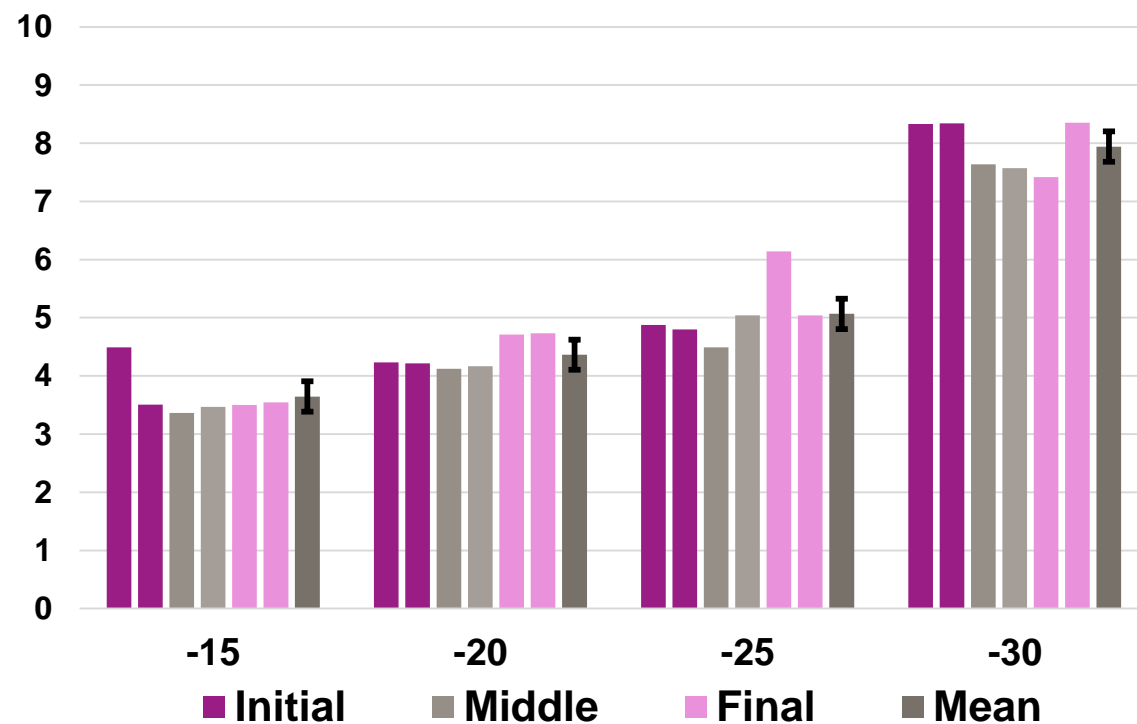
Воспроизводимость теста – Эталонное масло

Отдельные и средние результаты –
Начальный блок данных



Наименьшая значимая разность = $\pm 0.48c$

Результаты с эталонным маслом



Наименьшая значимая разность = $\pm 0.26c$

Цели OEM и интерпретация данных

- Стабилизация давления масла – 4,5 бар
- Время смазывания - OEM пожелания
 - Турбонаддув - смазывание ≤ 5 секунд
 - OEM – давление после масляного фильтра в течение 6 -10 секунд
- Оценки результатов
 - Время необходимое для поступления масла к кулачку
 - Время стабилизации давления при 4,5 бар
- Шум при работе – комфорт владельца
 - «Кряканье» - регулировка давления насосом без достижения баланса
 - «Крик» - кавитация между участком всасывания и масляным насосом

Видео

Эталон -30°C

MRV TP-1 – 8700 мПа·с

Масло Е -30°C

MRV TP-1 – слишком вязкое

00 : 00 . 0

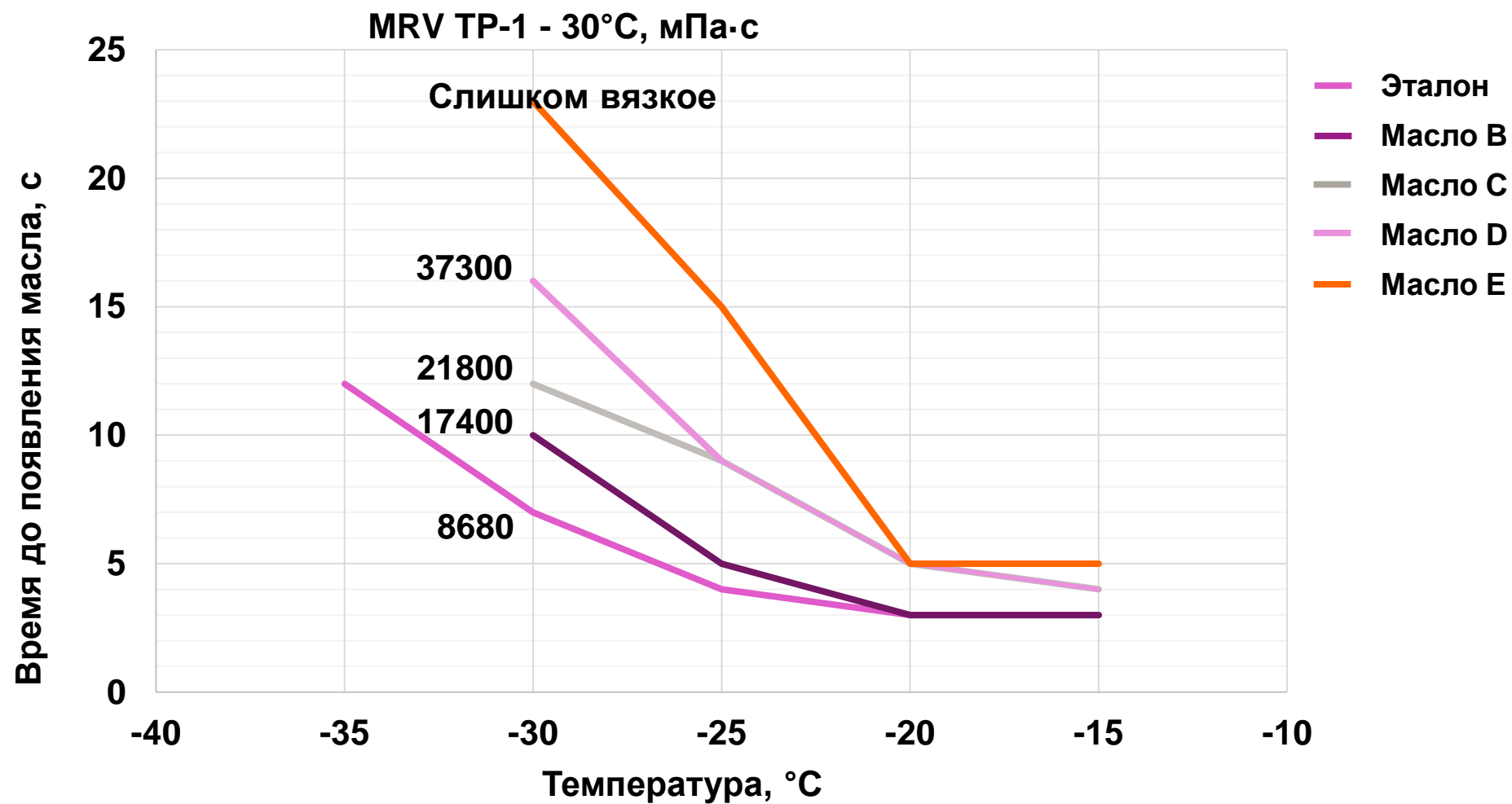
Эталон - 30°C

MRV TP-1 – 8700 мПа с

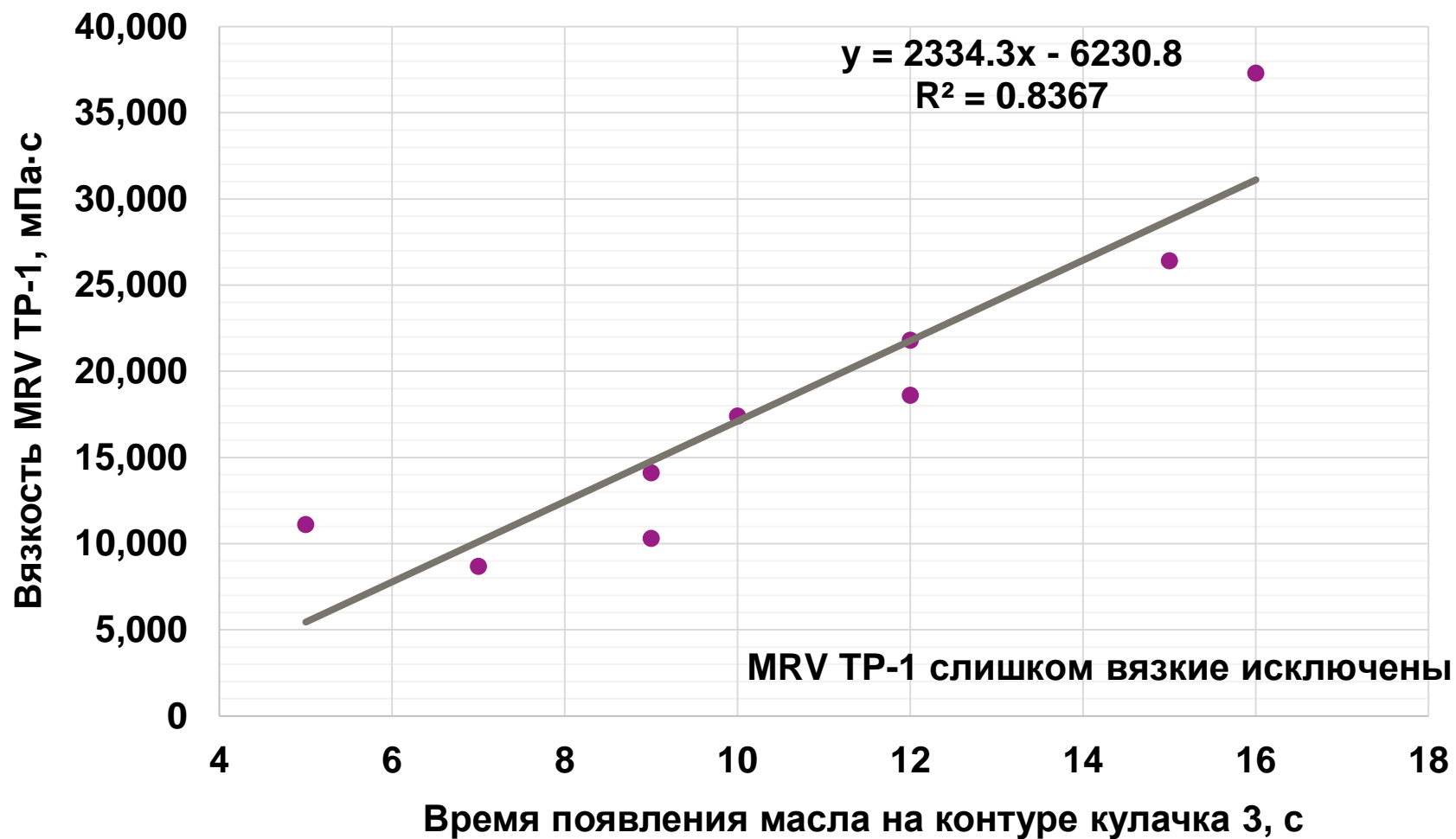
Масло Е - 30°С

MRV TP-1 – Слишком вязкое

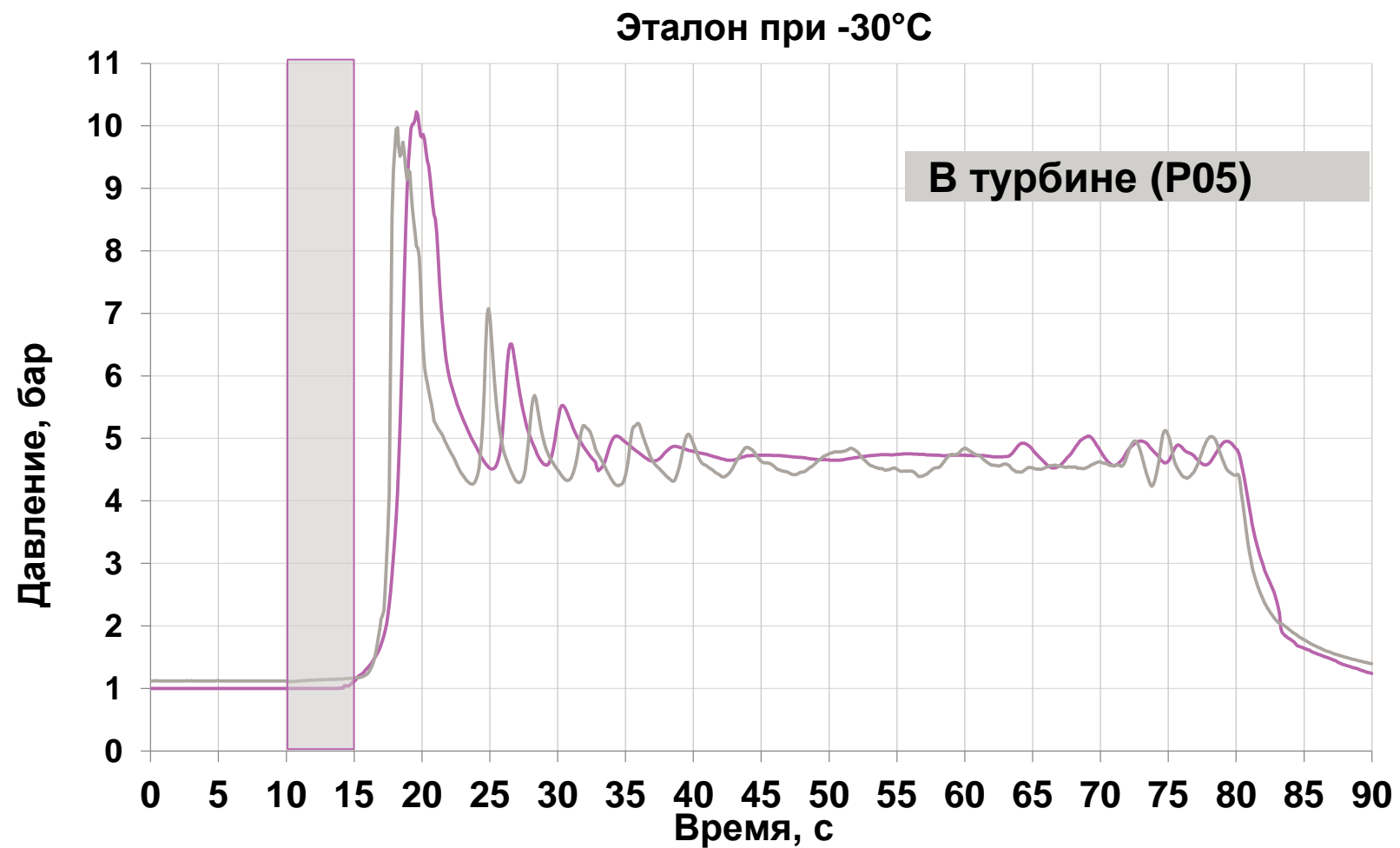
Время до появления масла на контуре кулачка 3



MRV TP-1 вязкость от времени появления масла на контуре кулачка 3 Все масла – все температуры

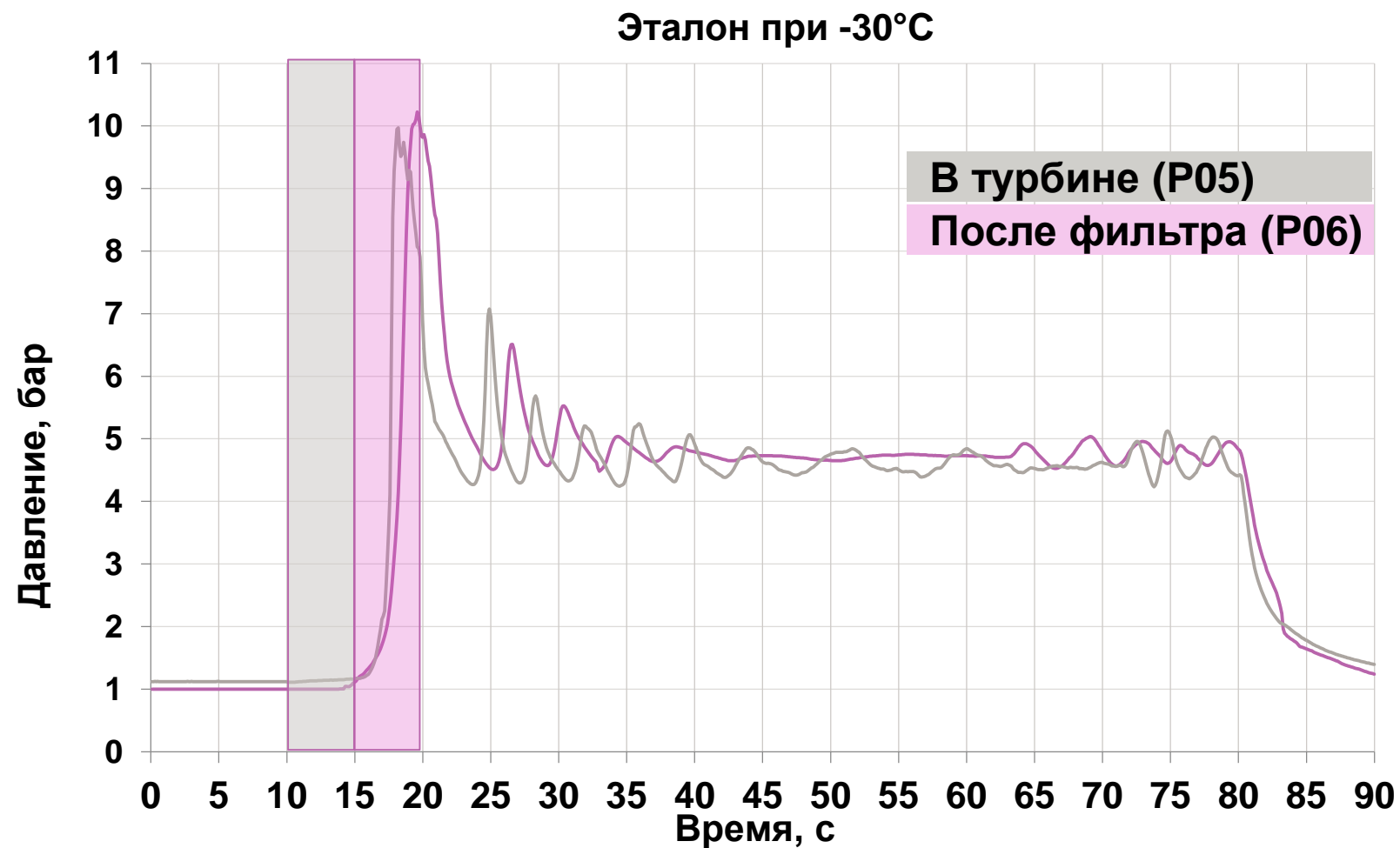


ОЕМ рекомендации по смазыванию турбины



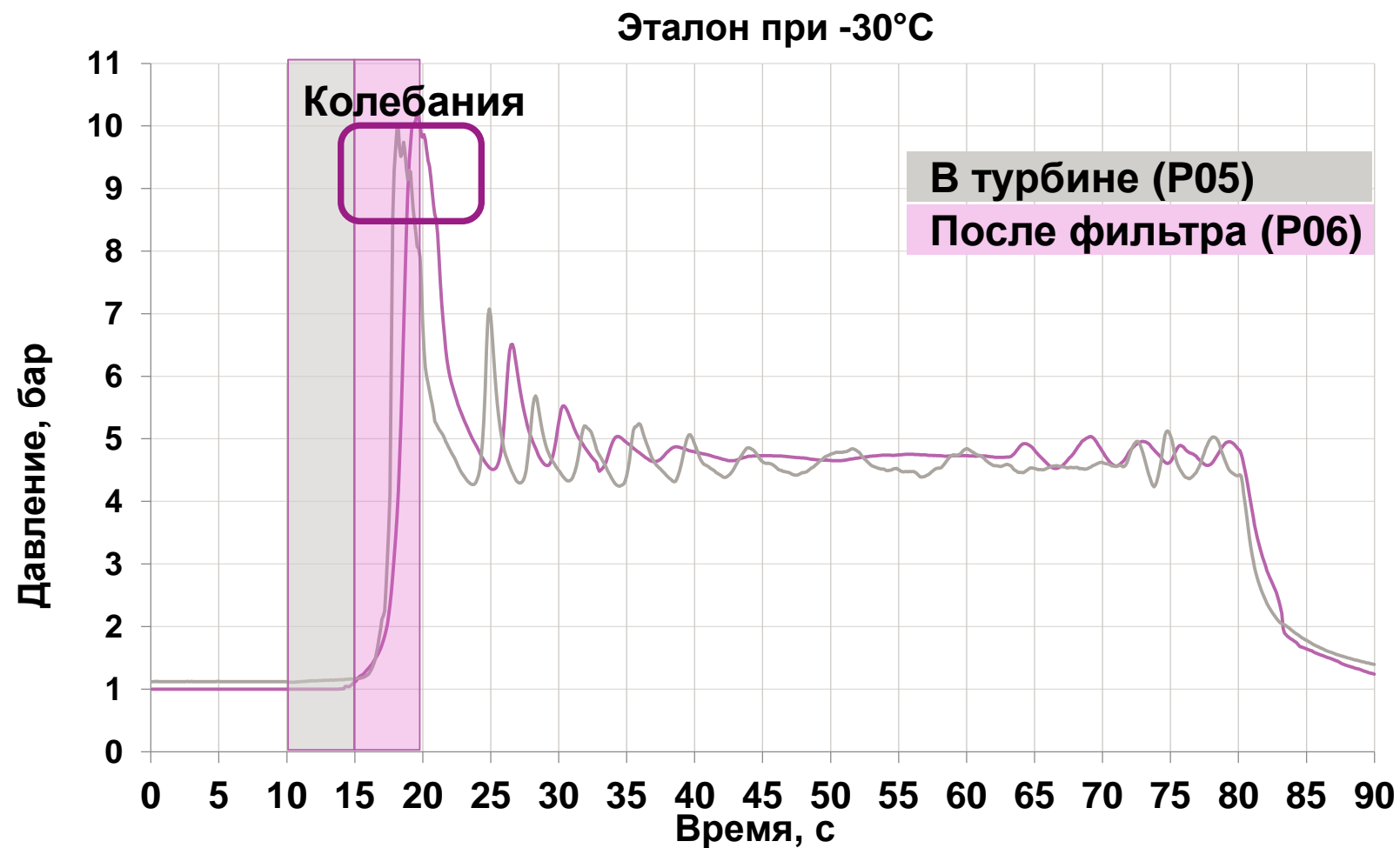
Запуск двигателя: 10 с

ОЕМ рекомендации по смазыванию турбины



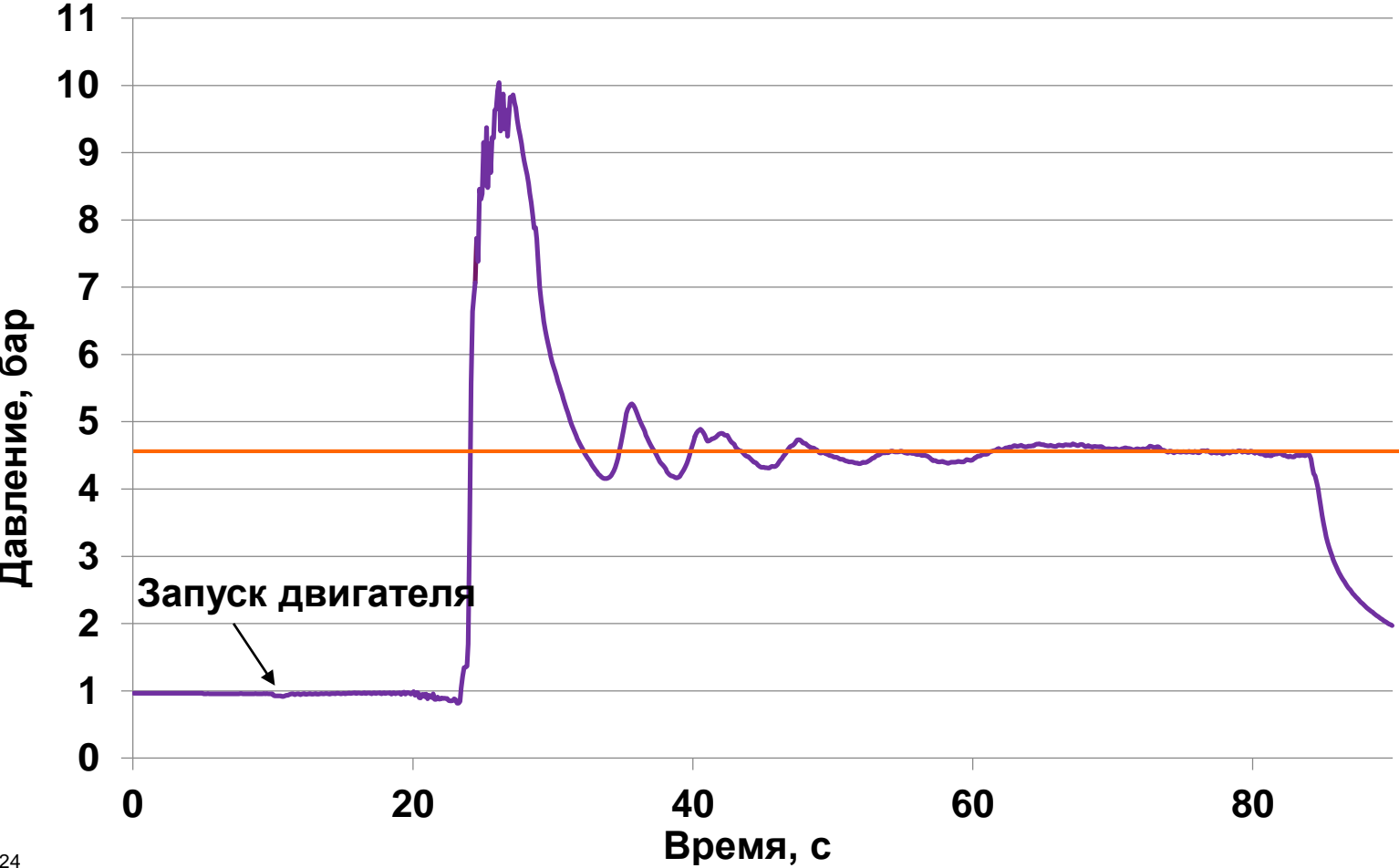
Запуск двигателя: 10 с

ОЕМ рекомендации по смазыванию турбины



Влияние предела сдвига MRV TP-1 на стабилизацию давления

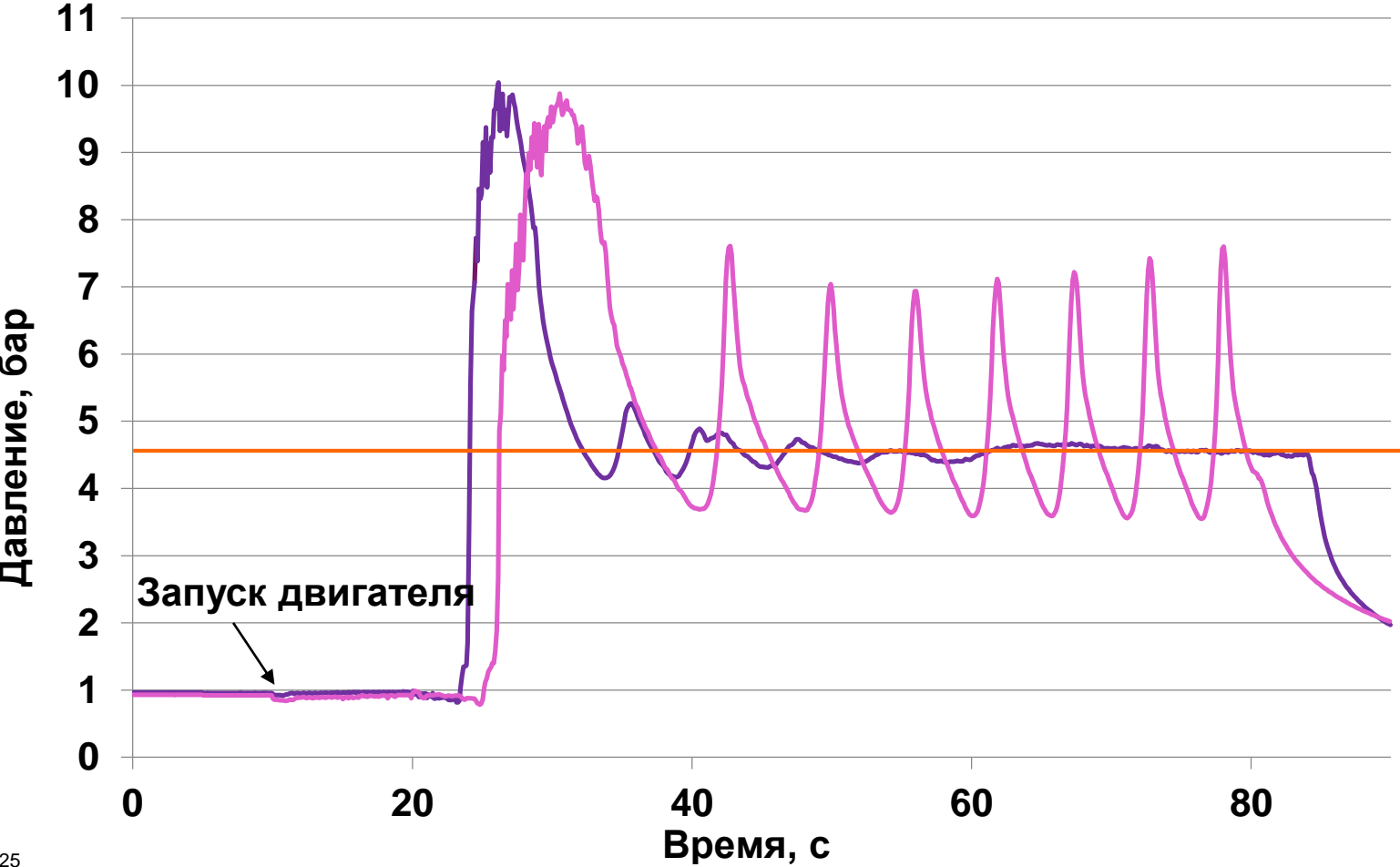
Контур кулачка 3 (P03), -30°C



MRV TP-1 при -30°C	Вязкость, мПа·с	Предел сдвига, Па
— Масло С	21800	<35

Влияние предела сдвига MRV TP-1 на стабилизацию давления

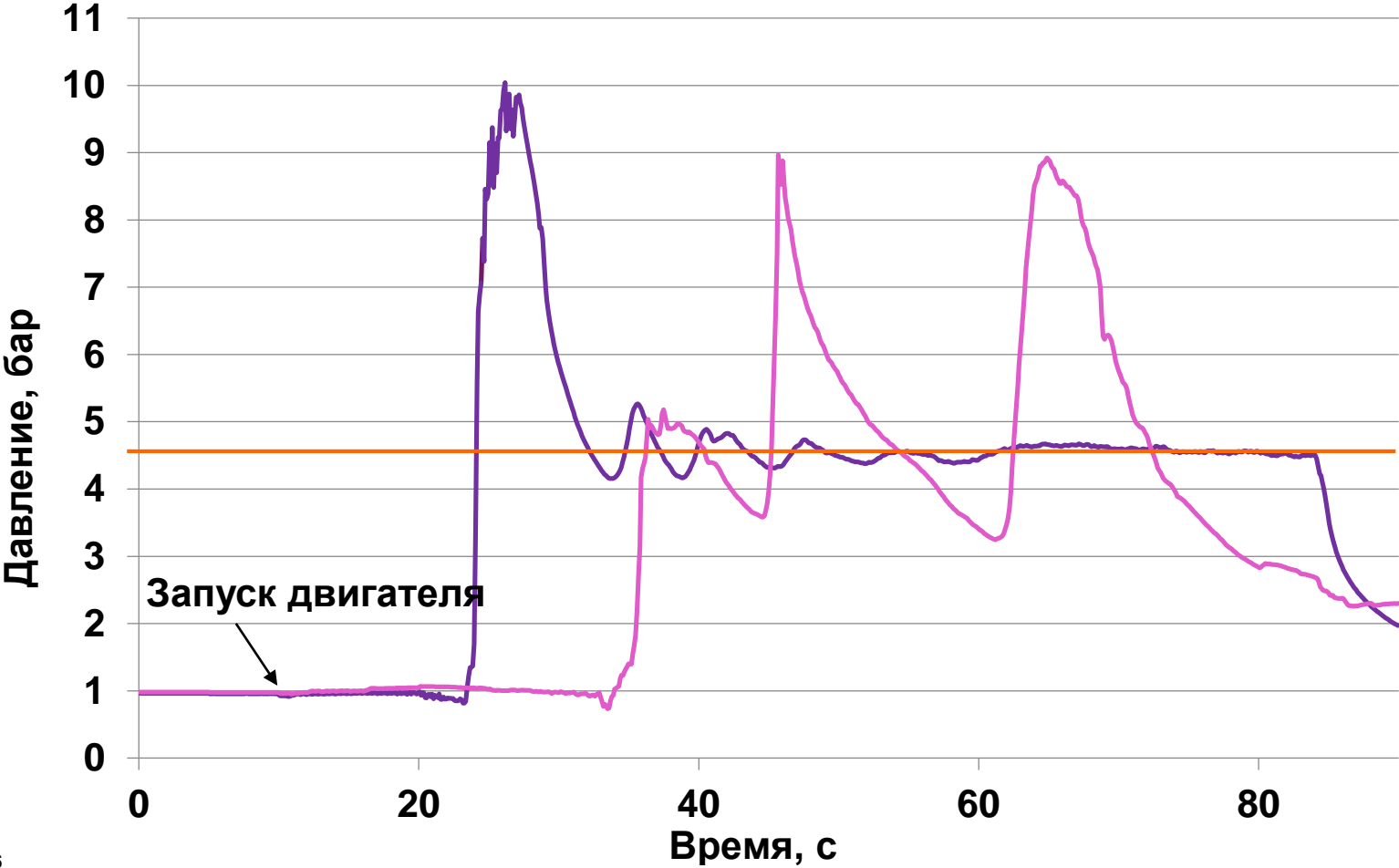
Контур кулачка 3 (P03), -30°C



MRV TP-1 при -30°C	Вязкость, мПа·с	Предел сдвига, Па
— Масло С	21800	<35
— Масло D	37300	<105

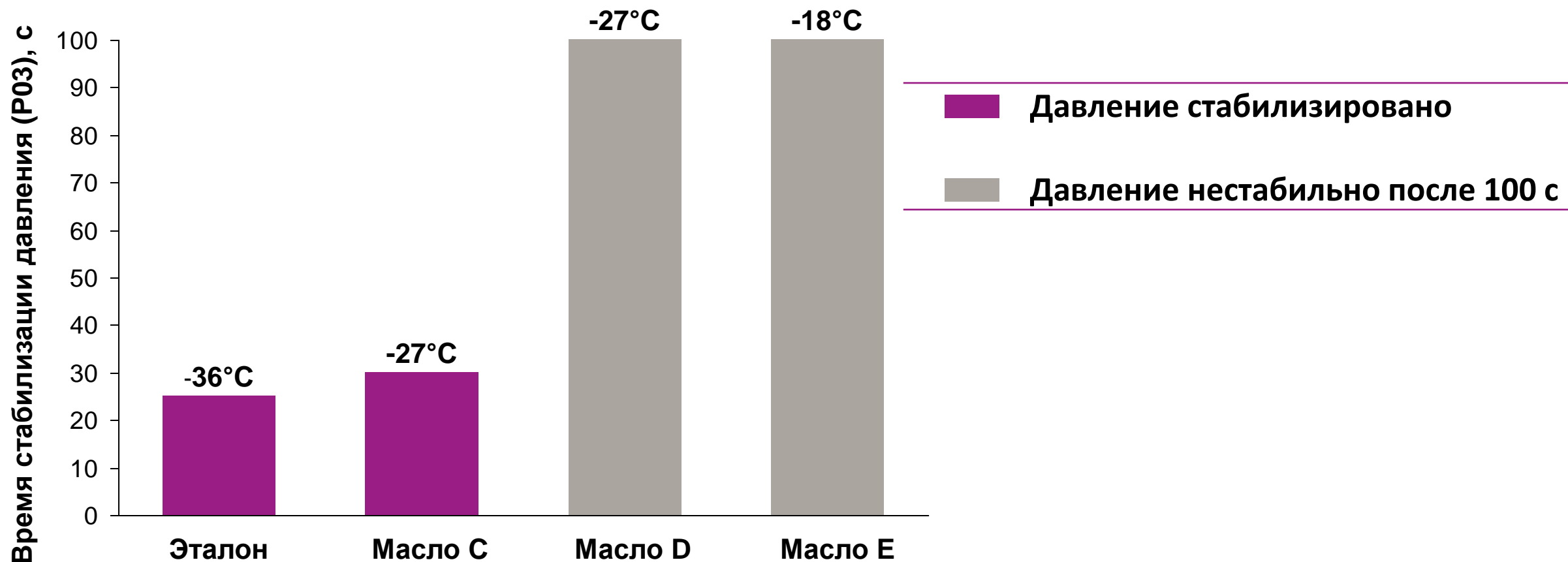
Влияние предела сдвига MRV TP-1 на стабилизацию давления

Контур кулачка 3 (P03), -30°C



MRV TP-1 при -30°C	Вязкость, мПа·с	Предел сдвига, Па
Масло С	21800	<35
Масло Е	Слишком вязкое	

Температура текучести не предсказывает время стабилизации давления



Заключение

- Прокачиваемость масла до сих пор актуальная тема
- Время прокачивания масла до критических частей двигателя возрастает линейно с ростом динамической вязкости
- ASTM D4684 MRV TP-1 обладает возможностью прогнозирования
 - времени смазывания – по вязкости
 - стабилизации давления – по пределу текучести
- ASTM D97 Т тек. непригоден для предсказания стабилизации давления



EVONIK

POWER TO CREATE