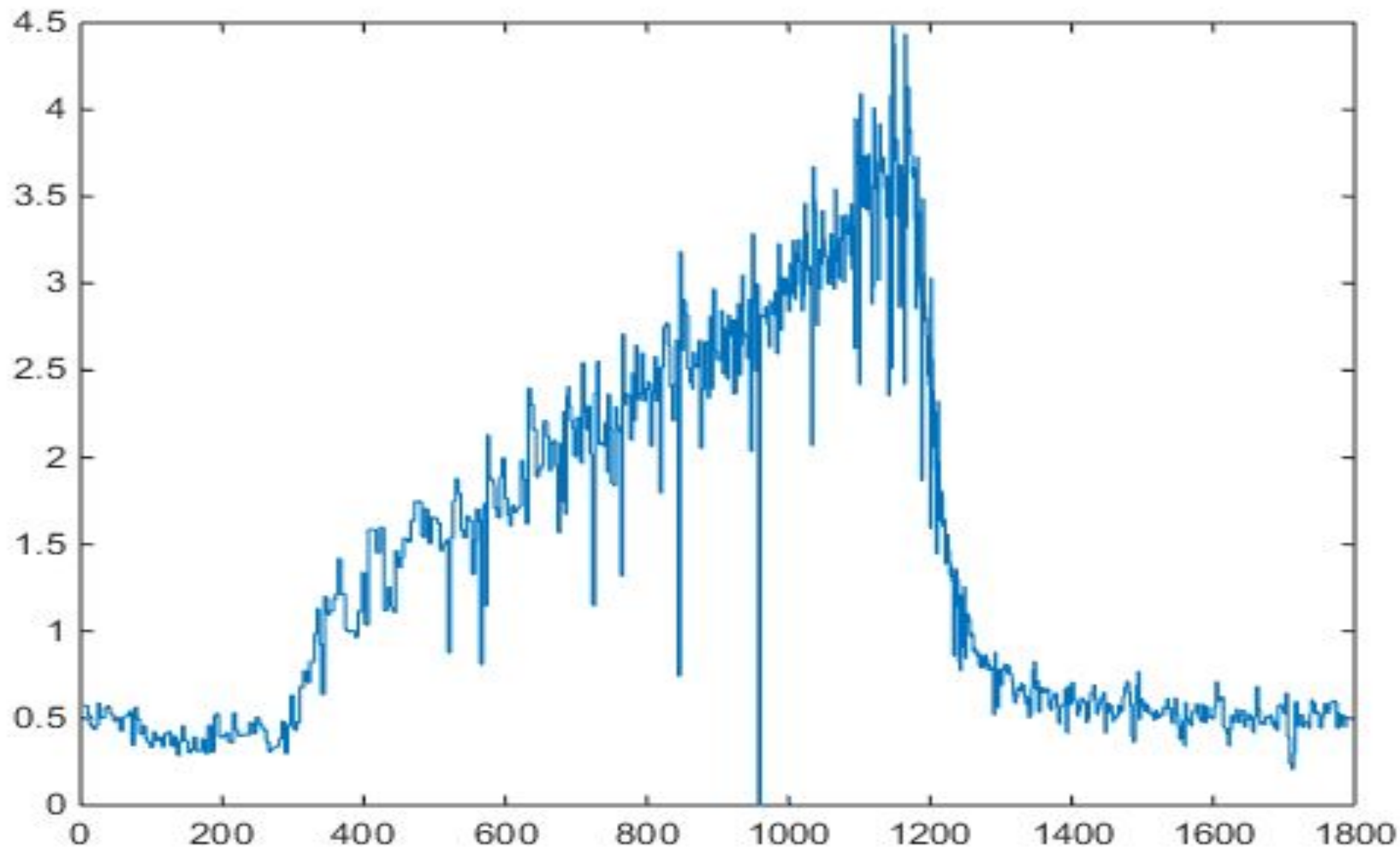


# Алгоритм оценки режимов потребления кислорода по данным газоанализа ступенчатого теста и его реализация на платформе MATLAB

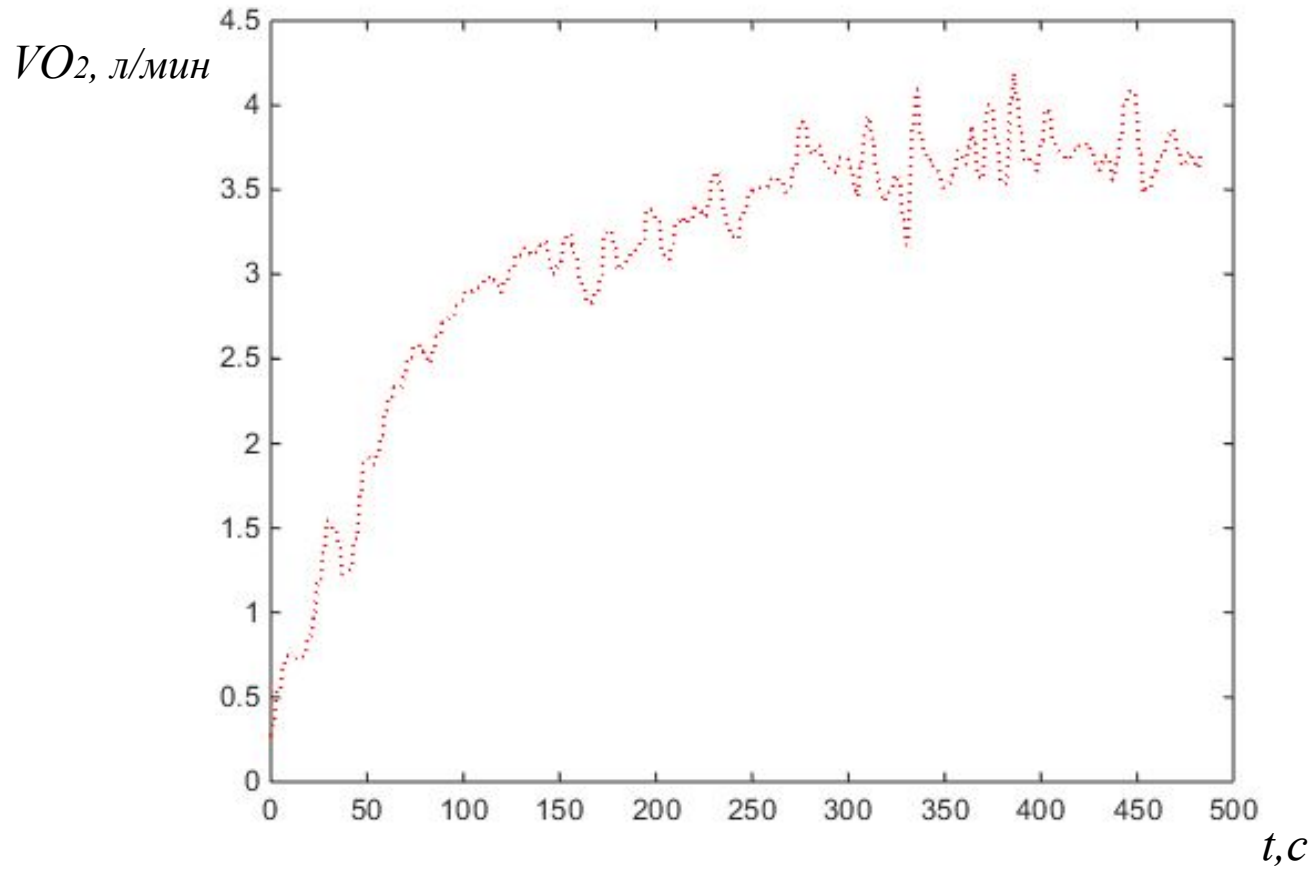
Тимме Е.А.

# Реальные данные рамп теста

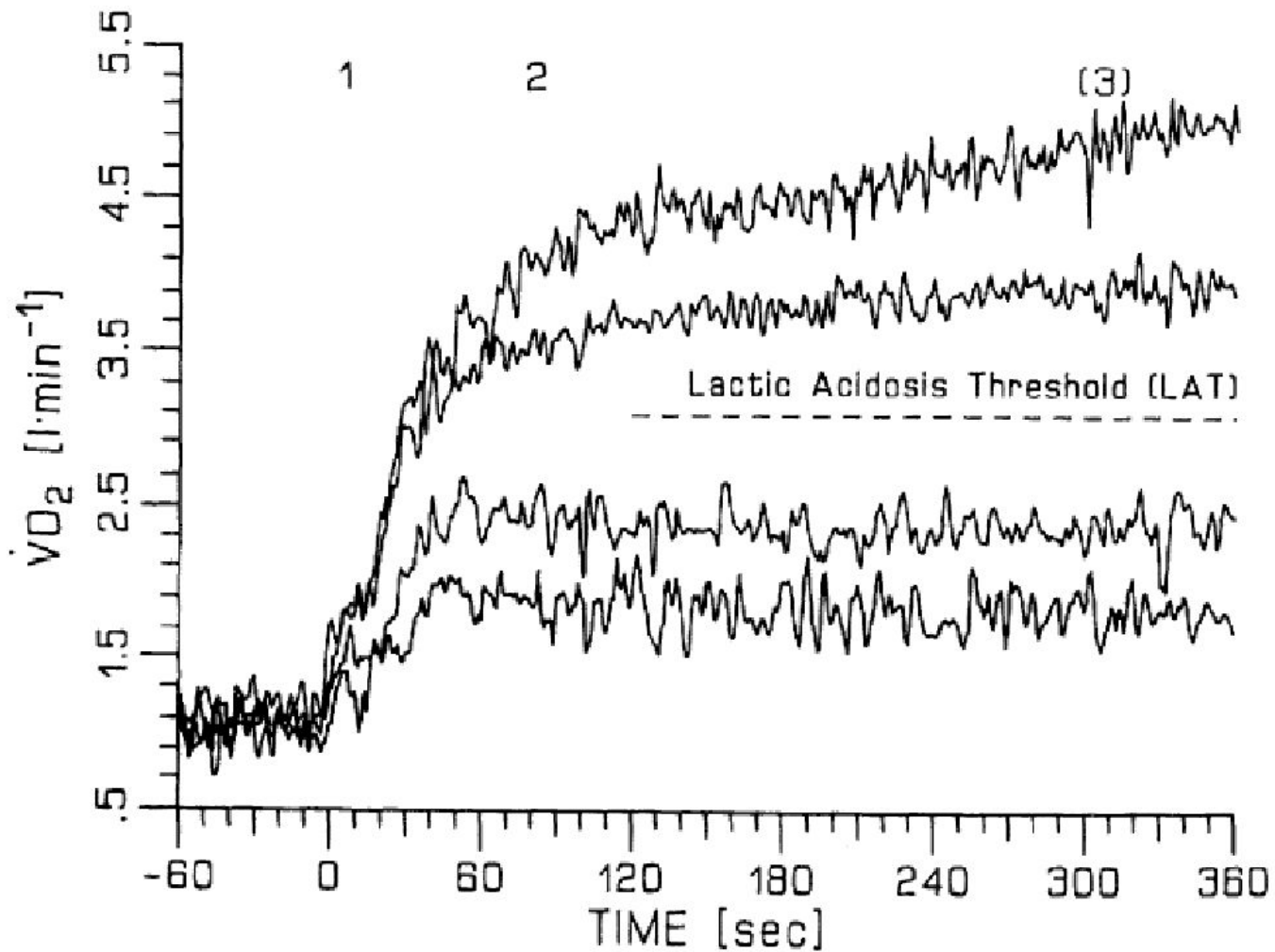
$\dot{V}O_2$ , л/мин



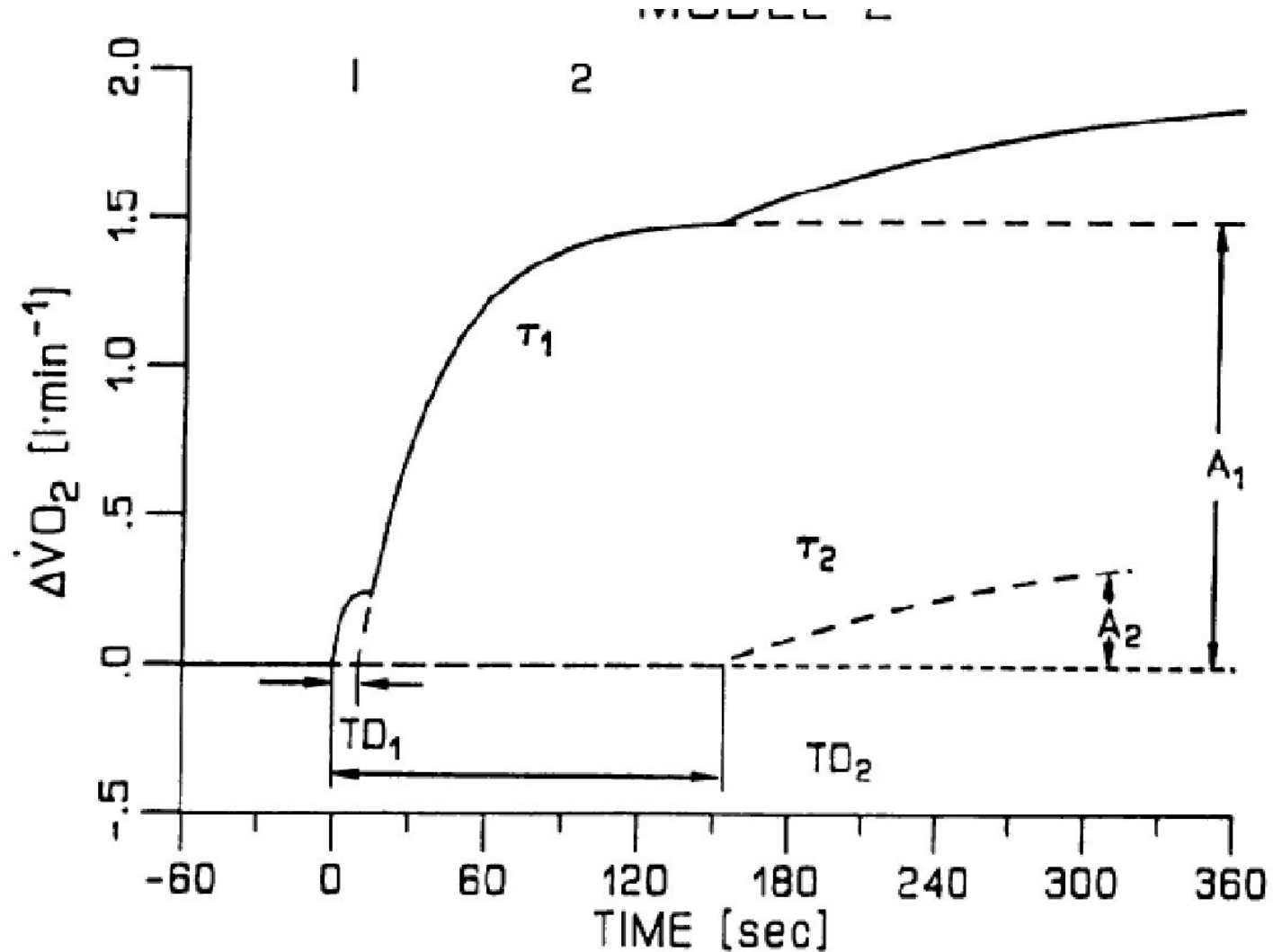
# Сглаженные данные ступенчатого теста



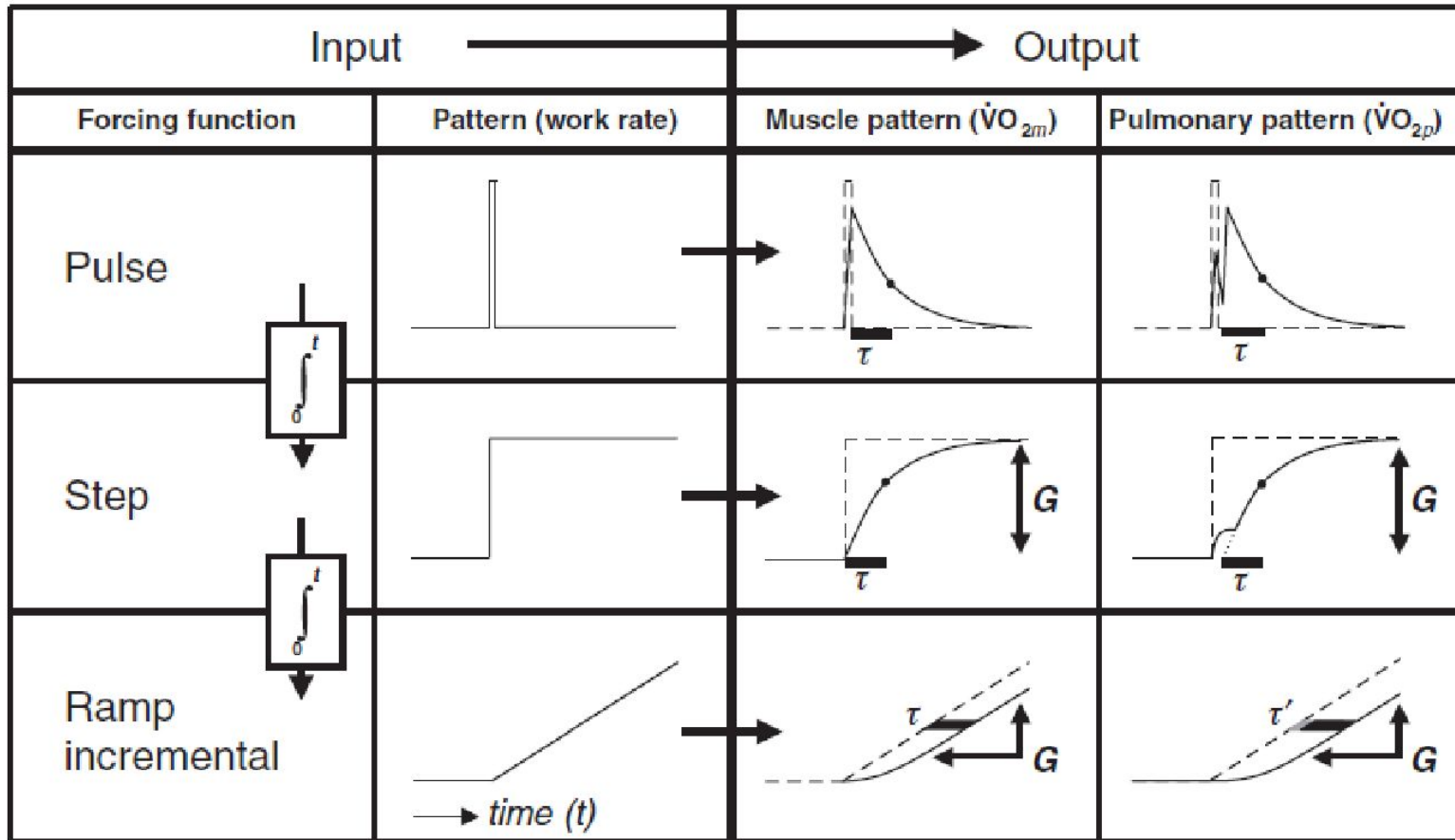
# Когда проявляется медленный компонент

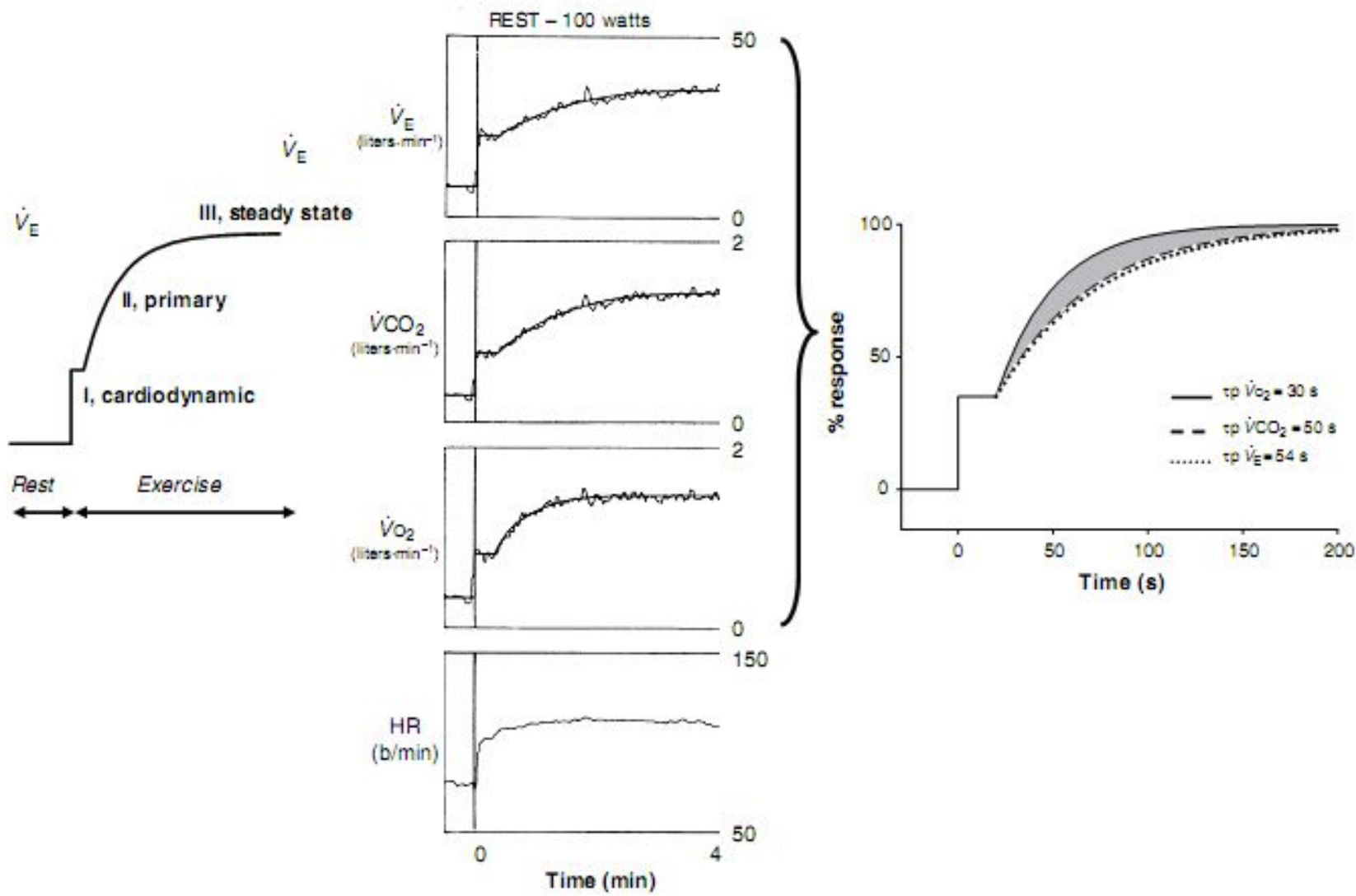


# Трехфазная модель кинетики потребления кислорода

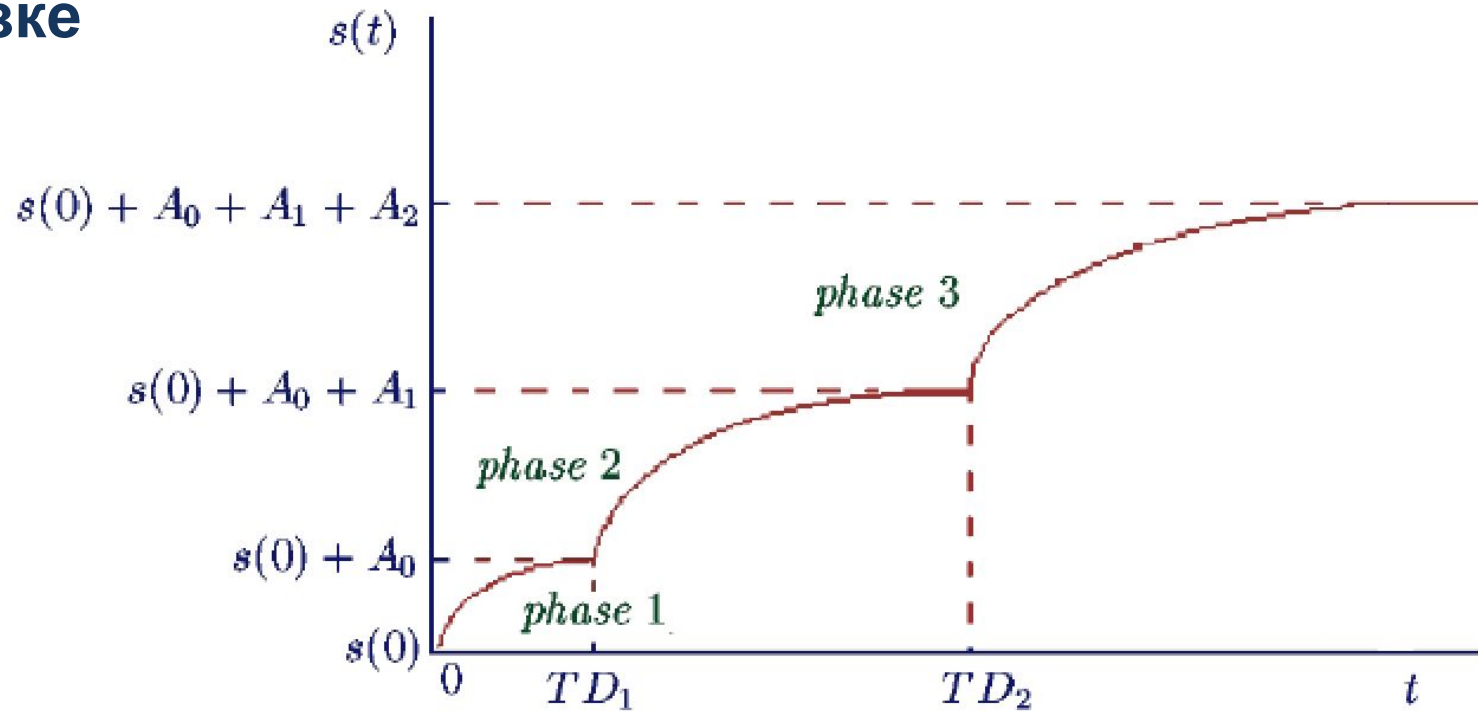


# Профили кинетического ответа мышечной и дыхательной систем





# Трёхфазная модель кинетики потребления кислорода при нагрузке



$$s(t) = s(0) + \begin{cases} A_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_0}}\right), & \text{for } 0 \leq t < TD_1 \\ A_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_0}}\right) + A_1 \left(1 - e^{-\frac{(t-TD_1)}{\tau_1}}\right), & \text{for } TD_1 \leq t < TD_2 \\ A_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_0}}\right) + A_1 \left(1 - e^{-\frac{(t-TD_1)}{\tau_1}}\right) + A_2 \left(1 - e^{-\frac{(t-TD_2)}{\tau_2}}\right), & \text{for } t \geq TD_2 \end{cases}$$



# Основные параметры модели

**A** - общая амплитуда потребления кислорода

**A<sub>0</sub>** - уровень потребления кислорода в покое

**A<sub>1</sub>** - амплитуда кардиологического компонента потребления кислорода

**T<sub>1</sub>** - временной параметр крутизны кардиофазы

**A<sub>2</sub>** - амплитуда основной фазы потребления кислорода

**T<sub>2</sub>** - временной параметр крутизны основной фазы

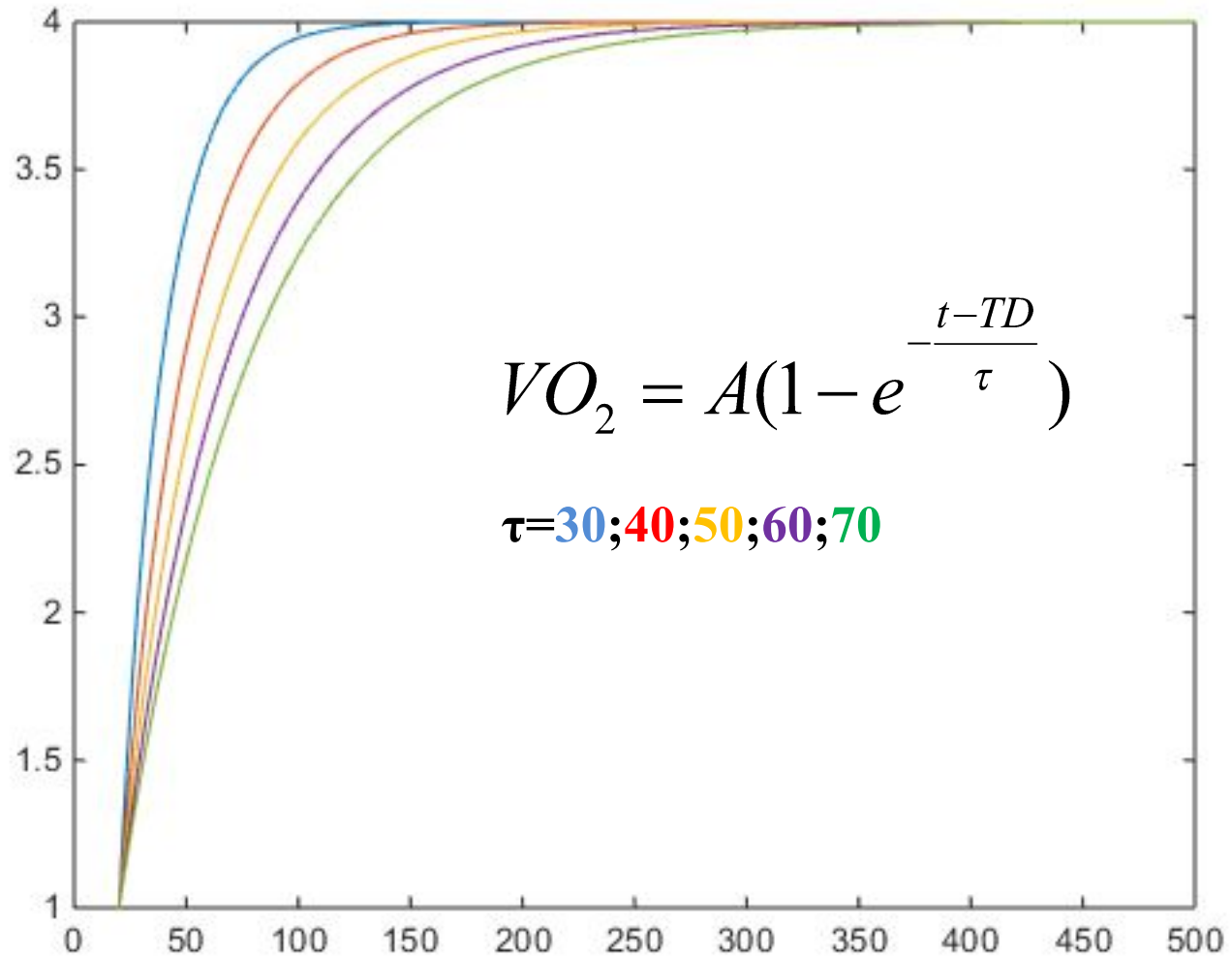
**A<sub>3</sub>** - амплитуда медленного компонента потребления кислорода

**T<sub>3</sub>** - временной параметр крутизны медленного компонента

**TD<sub>1</sub>** - временная точка перехода кардиофазы в основную фазу

**TD<sub>2</sub>** - временная точка перехода основной фазы в медленный компонент

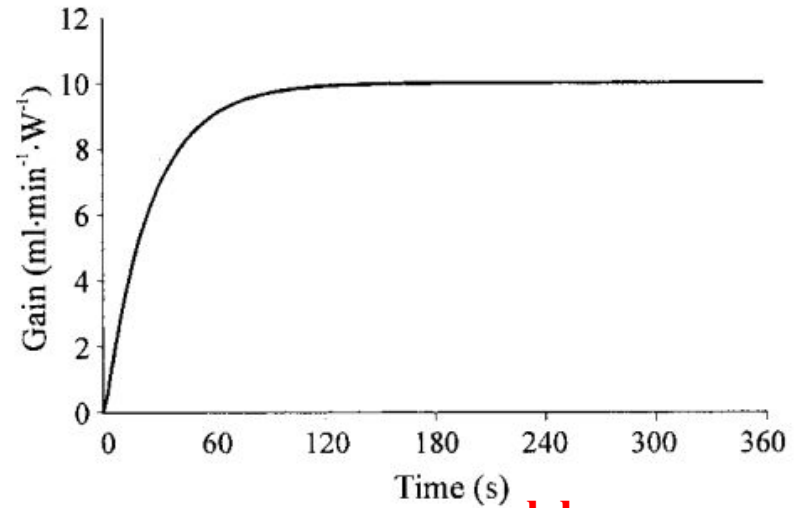
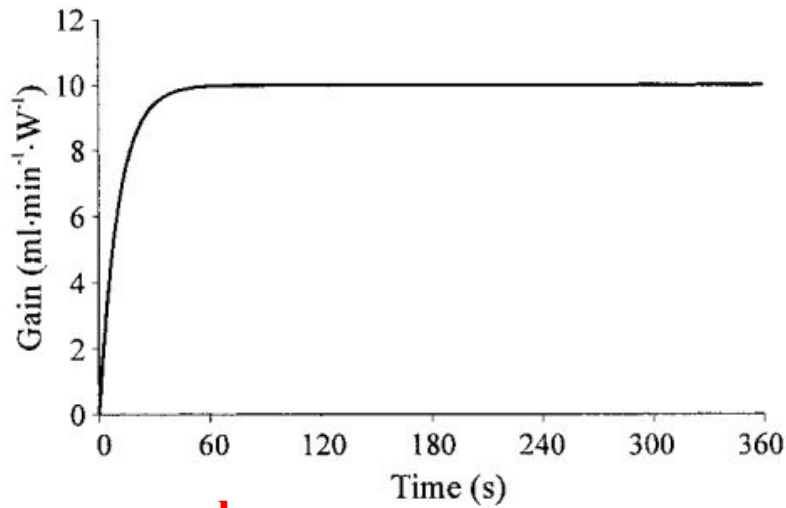
# График потребления $O_2$ при различных значениях



**$\tau$  -характерное время разворачивания аэробных процессов**

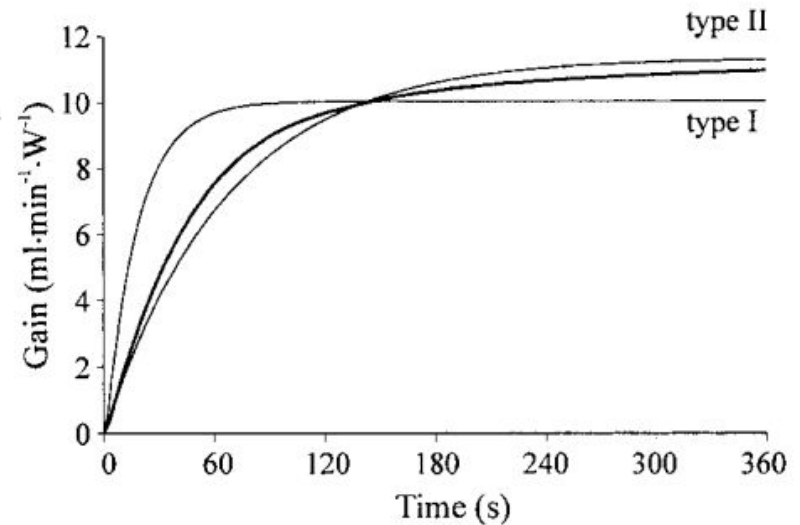
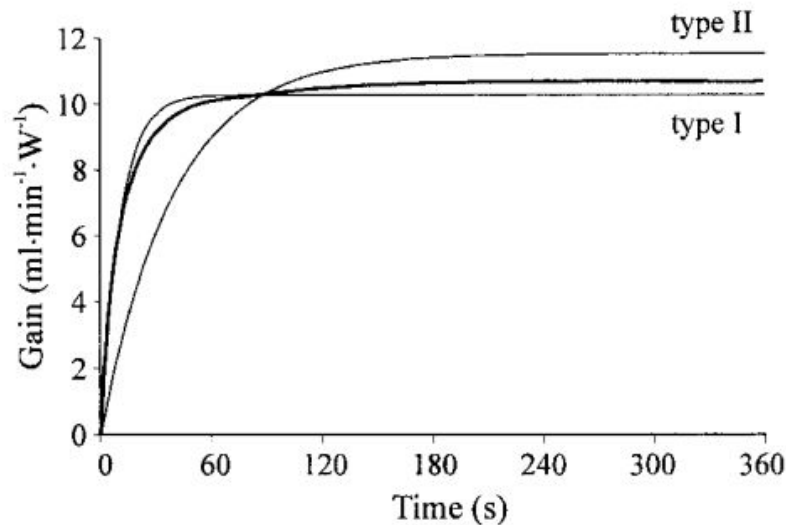
# Влияние тренировочной программы на кинетику потребления кислорода

Moderate-intensity Exercise

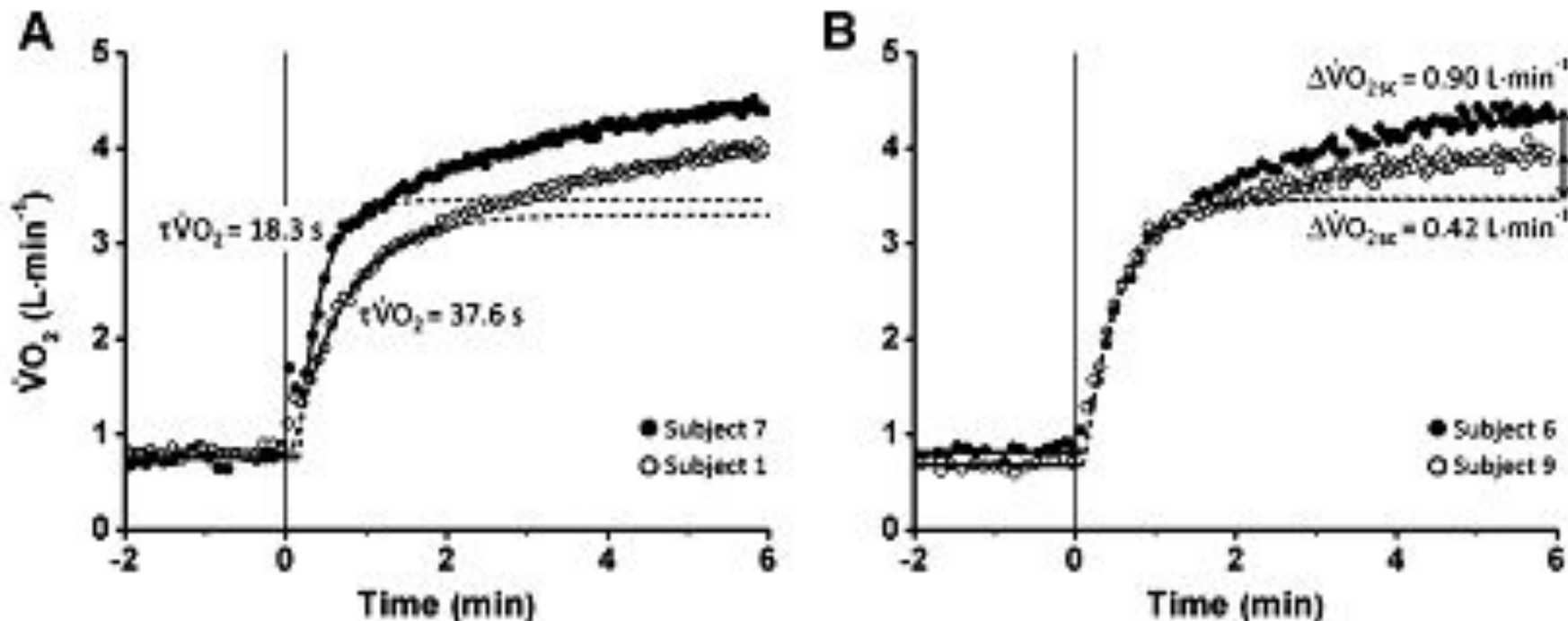


**Изменение профиля под влиянием тренировок служит критерием эффективности тренировочной программы**

High-intensity Exercise



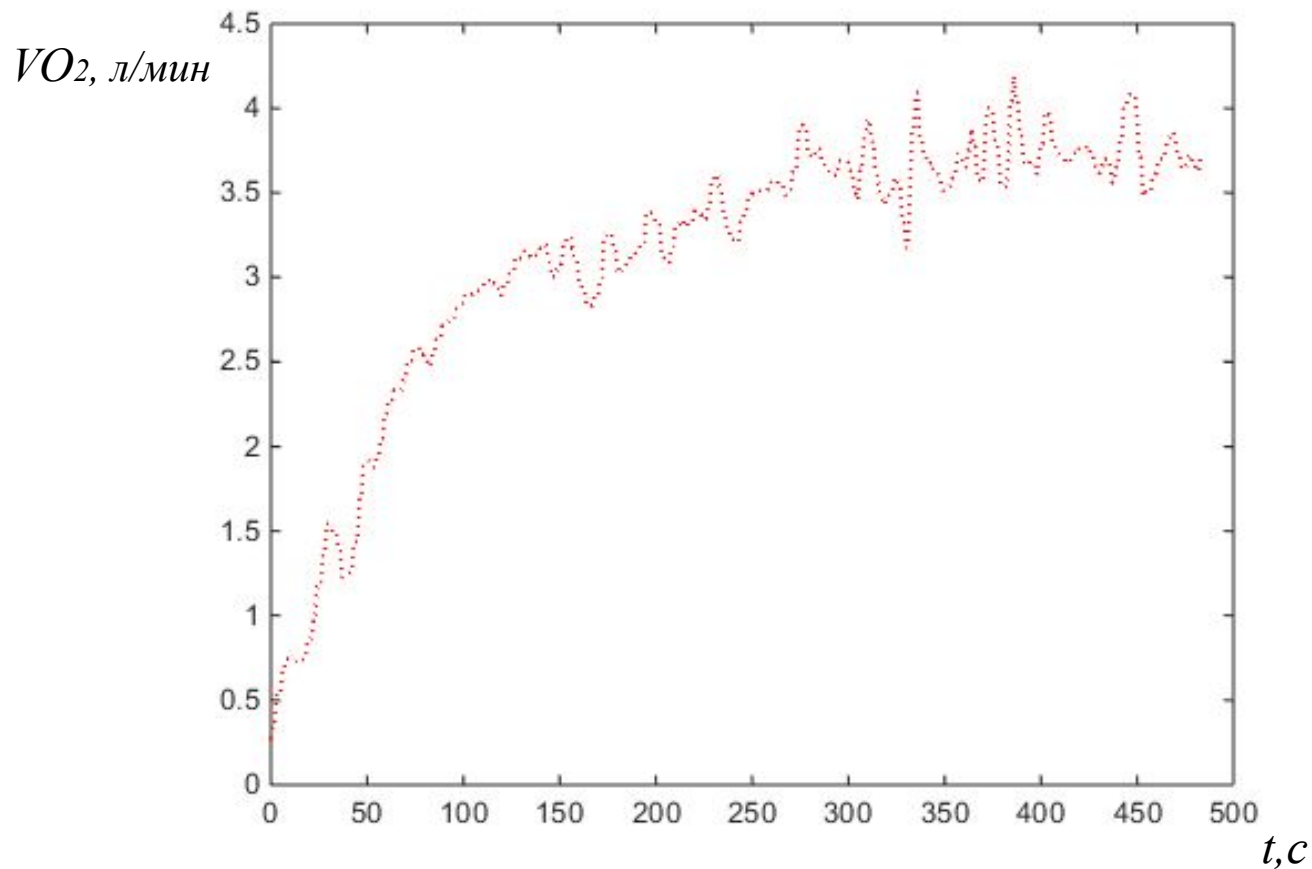
## Сравнение спортсменов с точки зрения кинетики потребления кислорода



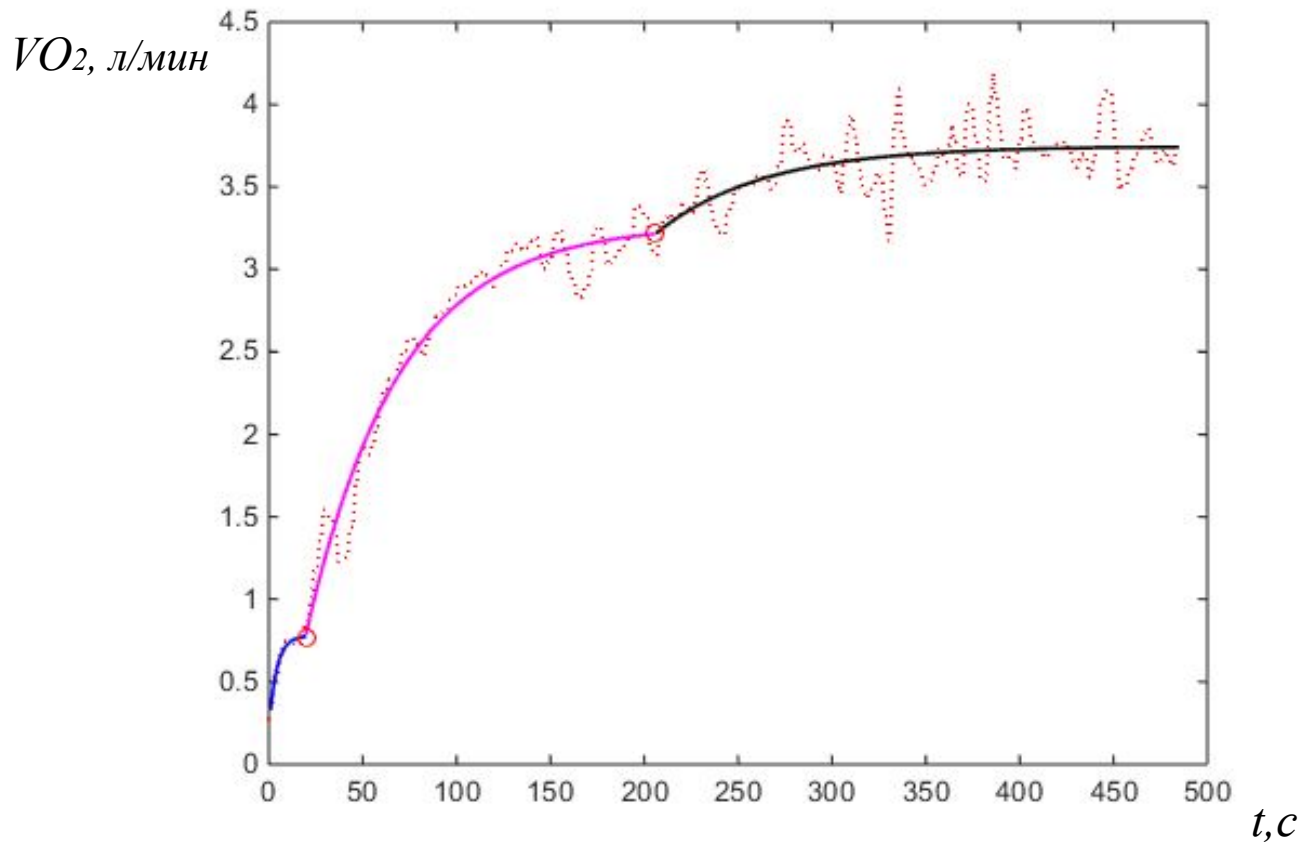
У разных спортсменов по-разному разворачиваются процессы потребления кислорода в ответ на одинаковый энергетический запрос

# Реальные данные газоанализа ступенчатого теста

Скорость дорожки -  $V = 12,5$   
км/ч



# Результаты работы алгоритма определения параметром кинетики потребления кислорода



# Вычисленные параметры трехфазной модели кинетики потребления $O_2$

$$A = 3.74$$

$$A_0 = 0.22$$

$$A_1 = 0.56$$

$$A_2 = 2.49$$

$$A_3 = 0.47$$

$$T_1 = 4.165$$

$$T_2 = 49.35$$

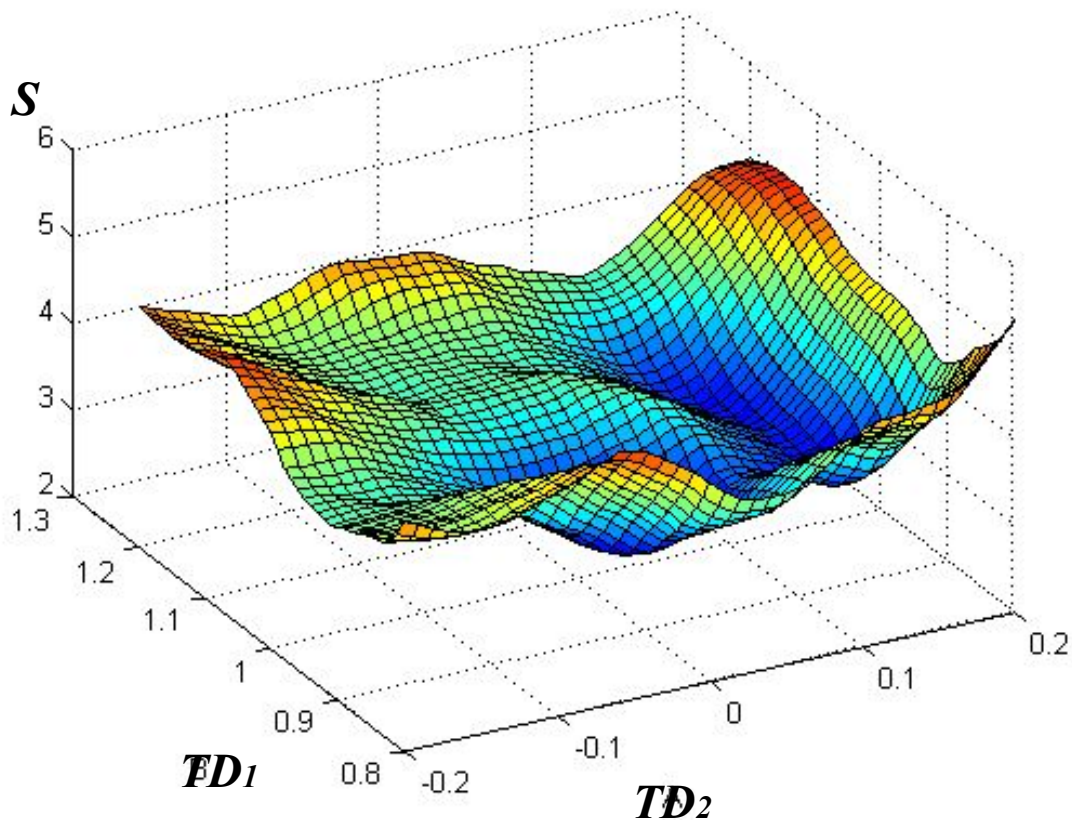
$$T_3 = 58.62$$

$$TD_1 = 19.6$$

$$TD_2 = 206.0$$

# Оптимизационная задача

## Нахождение минимума в пространстве параметров



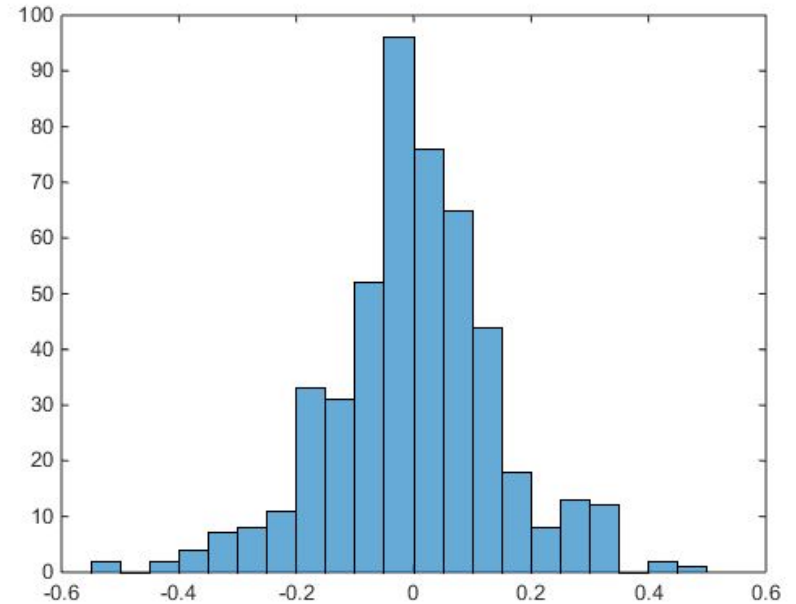
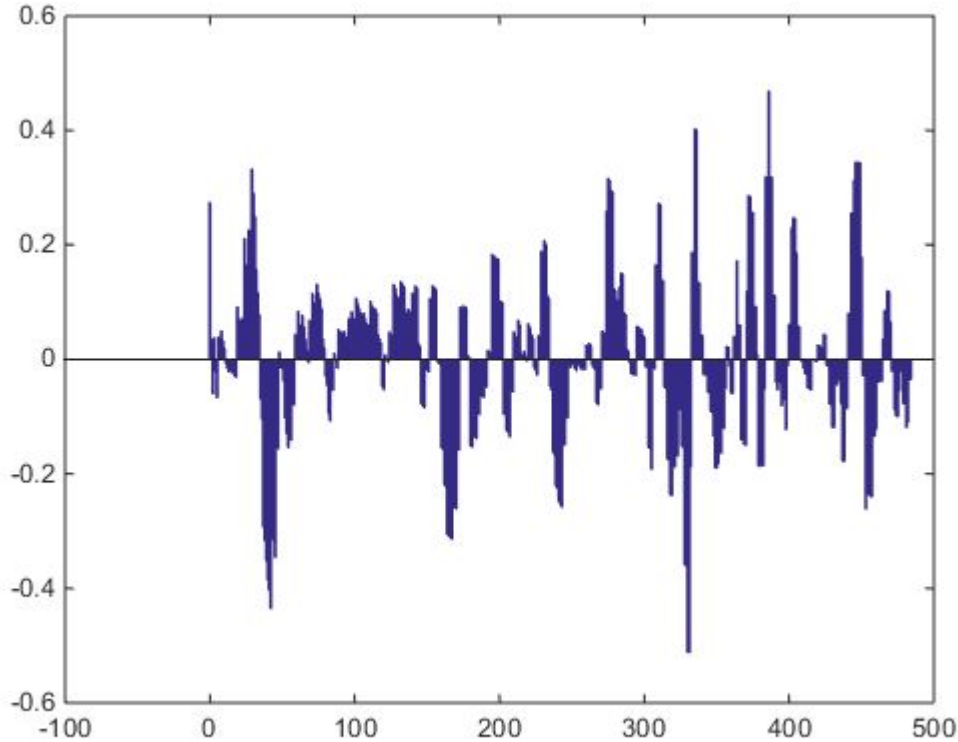
$$S = f(A_0, A_1, \tau_1, A_2, \tau_2, A_3, \tau_3, TD_1, TD_2) \rightarrow \min$$

$$S = \sum_{t=0}^{t_{\max}} (y - VO_2)^2 \rightarrow \min$$

**Проблема:**  
нахождение  
глобального  
минимума



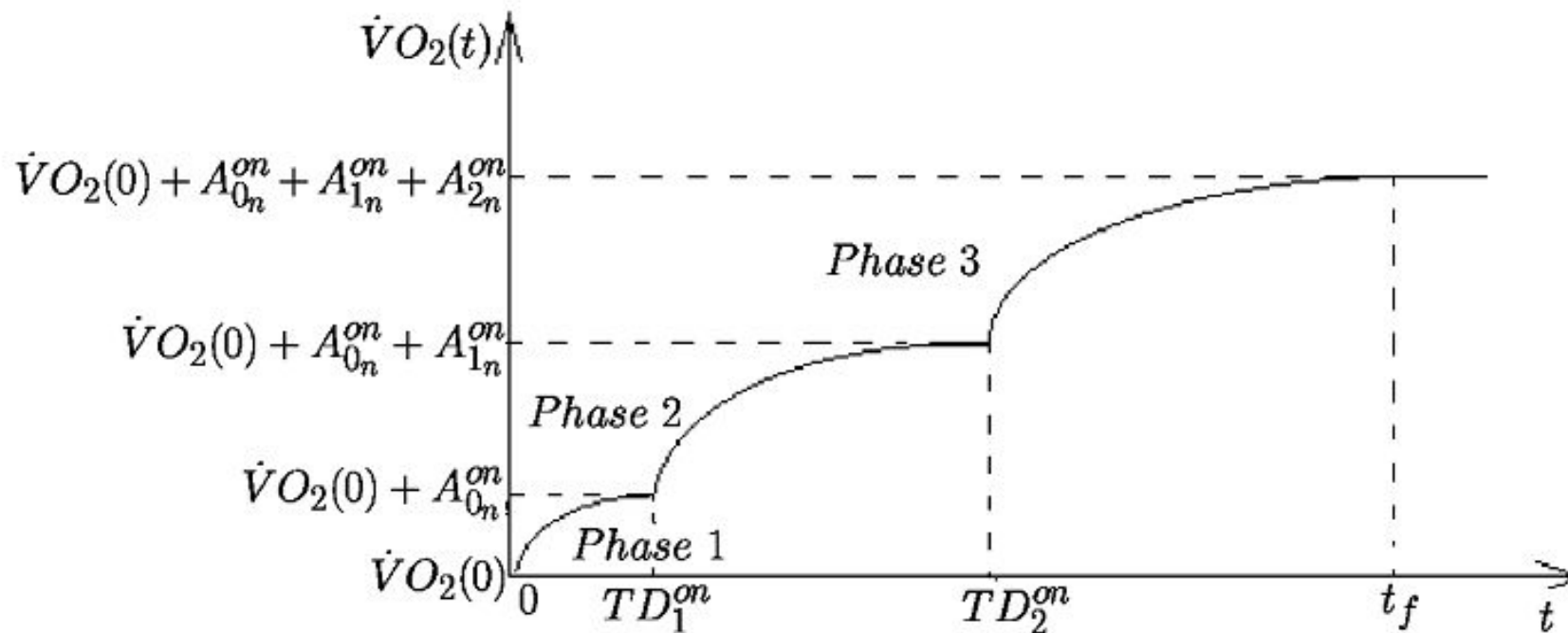
# График и гистограмма распределения остатков



$$S = \sum_{t=0}^{500} (y - VO_2)^2 \rightarrow \min$$

$$S=9.84$$

# Потребление кислорода во время нагрузки

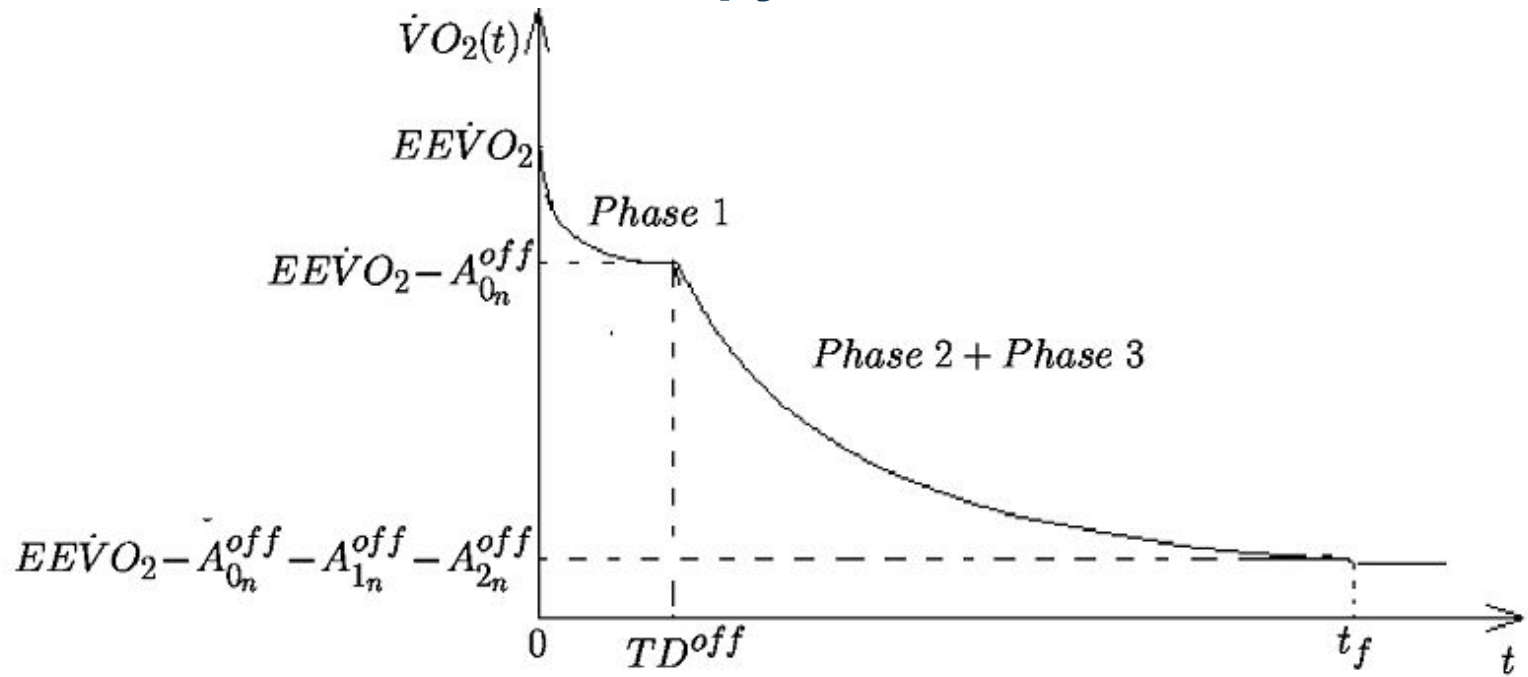


$$\dot{V}O_2 = \dot{V}O_2(0) + A_0^{on} \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau_0^{on}}} \right) \quad \text{phase 1}$$

$$+ A_1^{on} \left( 1 - e^{-\frac{(t-TD_1^{on})}{\tau_1^{on}}} \right) \quad \text{phase 2}$$

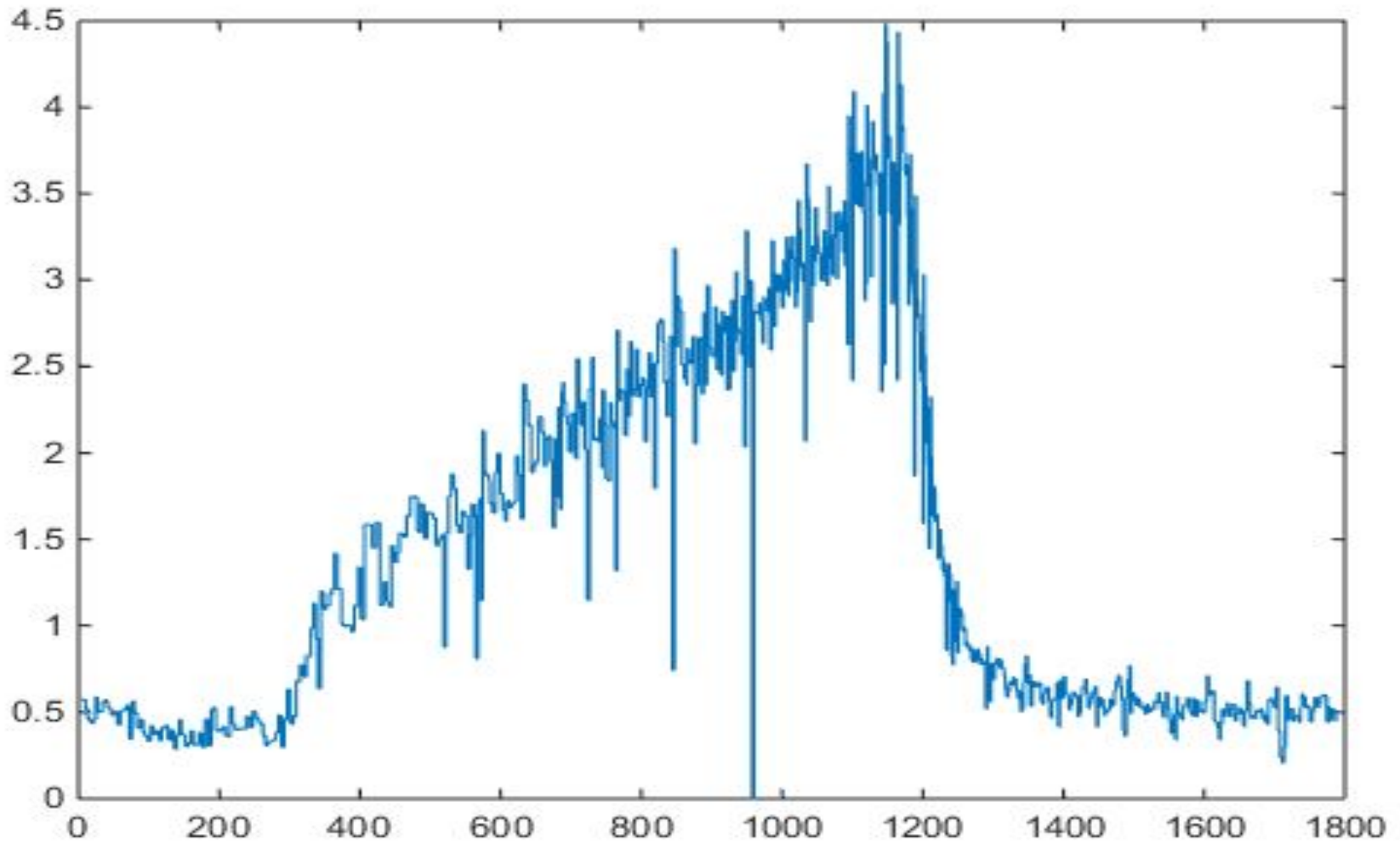
$$+ A_2^{on} \left( 1 - e^{-\frac{(t-TD_2^{on})}{\tau_2^{on}}} \right) \quad \text{slow component}$$

# Потребление кислорода после прекращения нагрузки

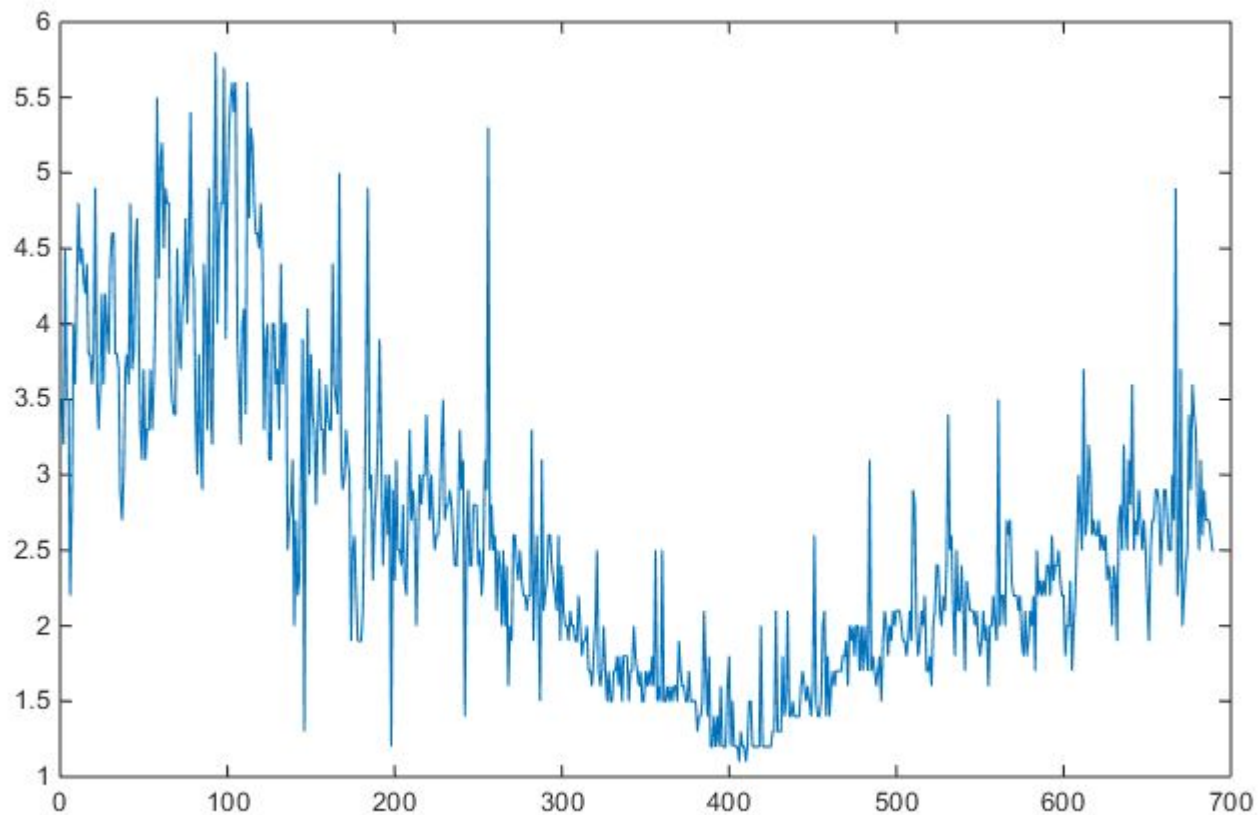


$$\begin{aligned} \dot{V}O_2 = & EE\dot{V}O_2 - A_0^{off} \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau_0^{off}}} \right) \\ & - A_1^{off} \left( 1 - e^{-\frac{(t-TD^{off})}{\tau_1^{off}}} \right) \\ & - A_2^{off} \left( 1 - e^{-\frac{(t-TD^{off})}{\tau_2^{off}}} \right) \end{aligned}$$

# Реальные данные ступенчатого теста



# Временные интервалы



# Направления дальнейших исследований и разработок

- Исследование новых явлений («замах» и т.д.)
- Разобраться со сглаживанием данных (вздох за вздохом)
- Разработка робастного алгоритма для анализа несглаженных данных потребления  $O_2$  для равномерного и неравномерного временного шага
- Разработка аналогичного алгоритма при снижении нагрузки
- Исследование кинетики различных физиологических параметров для разнообразных профилей нагрузки
- Создание интерфейса и генерации итогового отчета с рекомендациями об обследовании
- Написание программы для автоматизированной обработки данных и ее внедрение

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**